

# EXACTA m e n t e

La revista de divulgación científica

AÑO 10 · Nº 29 · \$ 4 · JUNIO DE 2004

*Energía*

**El viento como fuente**

*Universo*

**Argentinos en Marte**

*Entrevista*

**Marcelino Cereijido**

*Panorama*

**La soja al plato**

*Ecología*

**Océanos de hierro**

*Conceptos*

**¿Qué cosa es la entropía?**

ISSN 1514-920X



---

Querés tener **EXACTA**mente.  
Pero Ciudad Universitaria te queda lejos.  
¿Entonces?

# **EXACTA**mente **se acerca a vos**

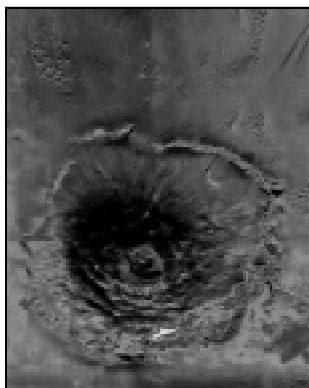
**Ahora podés encontrarla en los kioscos  
de revistas de la Ciudad de Buenos Aires,  
zona de influencia y  
en los locales de EUDEBA.**

Para más información, escribí a  
[revista@de.fcen.uba.ar](mailto:revista@de.fcen.uba.ar)





## Editorial



### Foto de tapa

Imagen del planeta Marte tomada por la Viking del Volcán Olympus Mons.

## ENERGIA

Cortes de luz, restricciones del consumo eléctrico, falta de gas. En forma sorpresiva, la crisis energética se instaló en el país provocando fenómenos que los argentinos creíamos parte del pasado, y que llevaron a que fuera menguando el optimismo generalizado que dominaba la escena nacional.

Desde un primer momento, la combinación de recuperación económica, razonable firmeza en la negociación con los organismos internacionales, juicios a miembros desprestigiados de la Suprema Corte de Justicia, anulación de las leyes de Punto Final y Obediencia Debida, garantizó al Presidente Néstor Kirchner mantener un índice de popularidad inusual para cualquier gobierno. Pero, aunque la popularidad del Presidente y la de la gestión continúan siendo altas, el panorama ya no es el mismo. Y uno de los factores desencadenantes de esa desilusión es la crisis energética.

¿Puede, acaso, suponerse que esta crisis tomó al gobierno por sorpresa? De hecho, todo parece indicar que Kirchner y sus colaboradores no previeron esta situación o, por lo menos, no demostraron verdadera conciencia de su gravedad.

Pero esto no es un fenómeno nuevo en nuestro país: las crisis en las cuales interviene el factor “técnico” no se prevén porque la clase política –tanto como la mayor parte de la población– olvida que es necesario contar con grupos de trabajo científico-tecnológico (entendiendo “científico-tecnológico” en su acepción de ciencias y tecnologías “duras”). Es indudable que existe en el país una gran cantidad de fundaciones y consultoras compuestas por economistas, abogados o especialistas en

ciencias sociales que desarrollan prospectivas macroeconómicas, políticas o sociales. Todo eso está muy bien, por supuesto, e incluso la existencia de estos grupos –de diversas ideologías y en muchos casos de alto nivel intelectual– garantiza que se puedan elaborar, o desempolvar, proyectos a corto, mediano y a veces largo plazo. Pero esto es insuficiente.

Sin la existencia de grupos similares compuestos por tecnólogos y científicos competentes que planifiquen los recursos técnicos necesarios para evitar, por ejemplo, crisis energéticas (o prevenir inundaciones como la del año pasado en Santa Fe) y, más aún, presten su aporte profesional para elaborar futuros escenarios posibles y factibles, deseables o no, con cualquier nueva situación similar nos encontraremos tan desprevenidos como con la actual crisis energética. Por supuesto que parte de estos asesoramientos debería provenir de las universidades, pero también podría haber espacio para fundaciones y grupos de trabajo –como los que financian los partidos políticos– destinados a problemáticas tecnológicas y científicas. La pregunta, ante este panorama, es ¿por qué a los políticos nunca se les pasó por la cabeza financiar este tipo de emprendimientos e, incluso, suponer que pueden ser redituables para el país (y para ellos mismos)? Una posible respuesta está en la poca comprensión que reina en muchos sectores, y en particular en nuestra clase política, acerca de la importancia de la ciencia y la tecnología en la sociedad moderna.

*Dr. Pablo Jacovkis*  
Decano de la Facultad de  
Ciencias Exactas y Naturales

## Consejo Editorial

### Presidente

Pablo Jacovkis

### Vocales

Manuel Sadosky  
Gregorio Klimovsky  
Eduardo F. Recondo  
Alberto Kornblihtt  
Juan M. Castagnino  
Celia Dibar  
Ernesto Calvo

### Staff

#### Directores

Ricardo Cabrera  
Guillermo Durán

#### Editor

Armando Doria

#### Jefe de redacción

Susana Gallardo

#### Redactores

Cecilia Draghi  
Verónica Engler

#### Diseño Gráfico

Santiago Erasquin

#### Fotografía

Juan Pablo Vittori  
Paula Bassi

#### Corrección

Rubén Pose

#### Colaboradores permanentes

Pablo Coll  
Guillermo Mattei  
Daniel Paz  
Gustavo Piñeiro  
Mariela Rotman  
Simón Tagtchian

#### Colaboran en este número

Cecilia Caimi  
Adriana Vescovo

#### Impresión

Centro de Copiado "La Copia" S.R.L.

**EXACTamente** es propiedad de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA. ISSN 1514-920X. Registro de propiedad intelectual: 28199

Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Secretaría de Extensión, Graduados y Bienestar Estudiantil. Ciudad Universitaria, Pabellón II, C1428 EHA Capital Federal. Tel.: 4576-3300 al 09, int. 464, 4576-3337, fax: 4576-3351. E-mail: [revista@de.fcen.uba.ar](mailto:revista@de.fcen.uba.ar). Página web de la FCEyN: <http://www.fcen.uba.ar>

Los artículos firmados son de exclusiva responsabilidad de sus autores. Se permite su reproducción total o parcial siempre que se cite la fuente.

## Sumario

### PANORAMA

# 6

La verdad de la milanesa



*La soja como alimento: ventajas y desventajas, según los especialistas.*

### ACTUALIDAD INDEC

# 10

*Un informe sobre el Instituto Nacional de Estadística y Censos, el organismo responsable de orientar y ejercer la dirección de todas las actividades estadísticas oficiales.*

### ENERGIA

# 14

Molinos de viento



*No todo es petróleo, no todo es energía nuclear. Lentamente, la energía eólica va convirtiéndose en una alternativa real.*

### INMUNOLOGIA

# 17

Descubren un mecanismo que le pone freno al cáncer

*Investigadores argentinos comprobaron que, al bloquear la producción de una proteína, las células tumorales pueden ser atacadas por el sistema inmune.*

### CONCEPTOS

# 20

La Segunda Ley de la Termodinámica

*Un abordaje sobre la entropía, la portadora del enigma de la realidad que fascina siempre tanto a filósofos como a poetas.*

### ENTREVISTA

Marcelino Cerejeido



*Científico destacado y combatiente aguerrido contra la irracionalidad, charla con EXACTamente y se muestra como siempre: preciso, polémico, locuaz.*

### PREGUNTAS

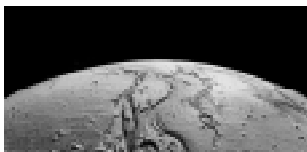
# 29

Una nueva sección como para no dejar dudas.

### COSMOS

# 30

Marte al rojo ¿vivo?



*Spirit y Opportunity, robots geológicos enviados por la NASA tras la ruta del agua marciana. Todos los detalles, y una entrevista a Miguel San Martín, el argentino con participación clave en esta misión.*

### ECOLOGIA

# 34

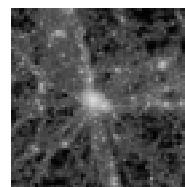
Sembrar el mar con hierro

*Parece sacado de una película, pero es una práctica que ya se está poniendo a prueba. Esta siembra favorecería la proliferación de plancton y revertiría el efecto invernadero. Muchas dudas al respecto.*

### ASTRONOMIA

# 38

El universo en la computadora



*En el IAFE se desarrolla la astrofísica numérica, una especialidad que permite recrear el universo.*

### MATEMÁTICA

# 42

Álgebra K



*Descubra qué tienen en común el álgebra, las pistas de carreras y las remeras elásticas.*

### BIBLIOTECA

# 46

### MICROSCOPIO

# 48

Grageas de ciencia

### JUEGOS

# 50

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

**FACULTAD de  
CIENCIAS EXACTAS  
y NATURALES**

TECNOLOGIA DE ALIMENTOS ■  
CS. DE LA ATMOSFERA ■  
PALEONTOLOGIA ■

OCEANOGRAFIA ■

GEOLOGIA ■

BIOLOGIA ■

COMPUTACION ■

QUIMICA ■

FISICA ■

MATEMATICA ■

Ciudad Universitaria  
Pab. II, C1428EHA,  
Capital Federal

Departamento de Alumnos: 4576-3339  
Dirección de Orientación Vocacional: 4576-3337  
<http://www.fcen.uba.ar>

Soja y alimentación

# La verdad de la milanesa

por Cecilia Draghi  
cdraghi@bl.fcen.uba.ar

Fotos: Paula Bassi

*Quando comemos esta leguminosa que es cosecha récord en el país, ¿saboreamos beneficios o trastornos? Los platillos de ventajas y de desventajas de la soja puestos en la balanza por especialistas.*

Milenaria a punto tal de ser uno de los cultivos más antiguos de la humanidad, la soja fue considerada un alimento sagrado en China. Allí fue precisamente domesticada hacia el siglo XI antes de Cristo y desde entonces recorrió un largo camino hasta echar raíces hace poco menos de 30 años en los campos de estas latitudes con producciones récord. Aquí, en tierras nacionales, si bien nunca ha tenido el sentido místico que otrora se reverenció en Oriente, ha sido venerada como fuente inagotable de salud y con igual pasión demonizada por las posibles consecuencias nefastas de su ingesta.

**No debe darse soja a menores de dos años dado su alto componente de fibras, que puede producir el arrastre de micronutrientes.**

¿Santa o pecadora? Para aclarar las aguas, expertos convocados por el Consejo Nacional de Coordinación de Políticas Sociales de la Presidencia de la Nación consensuaron un documento hoy vigente en las esferas oficiales. Por un lado, no desconocen las virtudes de esta leguminosa, como sus efectos protectores en adultos, que se asocian a una disminución en el riesgo de desarrollar

cáncer, osteoporosis y enfermedades cardiovasculares, pero a la vez advierten: “No utilizar el poroto de soja como base de la alimentación en niños menores de cinco años y su consumo se considera especialmente contraindicado para menores de dos años”.

**El bebiblé extraído a partir del poroto, mal llamado leche de soja, no debe utilizarse como reemplazo de ningún tipo de leche.**

Contundente en este sentido, la pediatra Luisa Bay, del servicio de Nutrición del Hospital Garrahan, señala: “De ninguna manera se debe dar a menores de dos años soja dado su alto componente de fibras, que puede producir el arrastre de micronutrientes, impidiendo la correcta absorción de minerales en el organismo”. Es que los pequeños aún no cuentan con un tubo digestivo en condiciones de procesarla, según destaca el documento oficial, que también hace especial hincapié en sacar de la nebulosa vía láctea a la soja. ¿De qué se trata?

El bebiblé extraído a partir del poroto, “mal llamado leche de soja, no debe utilizarse como reemplazo de ningún tipo de leche”, y en especial está contraindicado para niños menores de dos años.



### Mal llamada leche

“No debería llamarse leche porque lleva a la confusión. En realidad, es un jugo que aporta azúcar y nada de calcio”, subraya la licenciada Paula Pueyrredón del Centro de Estudios sobre Nutrición Infantil (CESNI). “Ahora –añade– una de las marcas comerciales que produce este bebiblé indica que está fortificado con vitaminas y minerales, pero aun así no basta”.

Bajo el microscopio, al comparar los nutrientes esenciales de la leche de vaca con la bebida de soja aparecen datos a tener en cuenta. Según el informe oficial, mientras que el calcio de la leche es de naturaleza altamente disponible y se encuentra en un balance ideal con respecto al fósforo, en la bebida de soja la relación es pobre y de baja disponibilidad.

“Hay presencia de ácido fítico en la soja que interfiere en la absorción tanto del calcio como del hierro”, puntualiza la licenciada Pilar Llanos desde la sede de la Sociedad Argentina de Nutrición. Al preguntar si esta interferencia también se produce cuando el calcio proviene de otras fuentes como, por ejemplo, queso de vaca o yogur, aconsejó: “Lo conveniente sería aislar la comida con soja del alimento lácteo. No mezclar”.

Desde hace años, la cátedra de Nutrición de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires realiza encuestas sobre las cantidades de lácteos que integran la dieta de los estudiantes; y los resultados muestran que, por lo general, éstas son escasas. “Encima que el consumo de calcio es bajo en nuestro país, la soja estaría interfiriendo

### Los pasos del poroto

Como el grano de soja contiene factores tóxicos o antinutrientes que reducen en más de un 50 por ciento su valor nutritivo y pueden provocar efectos indeseados, debe realizarse un tratamiento previo antes de su consumo para disminuir estas consecuencias, según señala el documento oficial del Consejo Nacional de Coordinación de Políticas Sociales. Los pasos a seguir:

1. Lavar dos veces en agua potable bien caliente o sumergir los porotos en agua recién hervida de 5 a 10 minutos para eliminar la suciedad.
2. Para hidratar el grano y facilitar la cocción, remojarlos en agua a temperatura ambiente de 10 a 12 horas. (Tres tazas de agua por cada taza de soja).
3. Una vez remojados, eliminar el agua y enjuagar dos o más veces con agua potable los porotos para eliminar la flora microbiana superficial que se puede desarrollar durante el remojo, así como para eliminar sabores y aromas no deseables.
4. Estos porotos remojados y lavados, colocarlos en agua nueva y a fuego fuerte durante más de una hora a partir de que rompe el hervor. No olvidar de colarlos y tirar el agua.

en su absorción. Pero esto ocurre cuando se ingiere esta leguminosa en forma excesiva”, señala la doctora en Ciencias Químicas Nora Slobodianik, profesora asociada de esa casa de estudios.

Pero volviendo a la mal llamada leche de soja, no ha sido fácil desterrar la equivocada creencia de que tendría cierta equivalencia a la de vaca. “Costó bastante reemplazar la idea de que el bebiblé de soja sustituye a la leche. Desde la Sociedad Argentina de Pediatría, se instruyó a los médicos en ese sentido. Actualmente, la situación es un poco mejor que hace unos años atrás, cuando los pediatras la reco-

mendaban. Ahora esto se trata de evitar”, subrayó la doctora Bay, miembro de esa entidad.

Lo que sí continúan indicando los profesionales bajo receta son las fórmulas abase de aislados proteicos de soja para los casos de pequeños con intolerancia a la leche de vaca o con inconvenientes para ser amamantados. “Se trata de fórmulas especiales que se venden en farmacias con los agregados que el lactante necesita. Estos compuestos están suplementados con aminoácidos (metionina), vitaminas y minerales que le faltan naturalmente a la soja”, especifica Fanny Goldberg, médica, jefa del departamento de Nutrición del Sanatorio Antártida.



Un párrafo aparte merece la aclaración de que algunas formas de comercialización del bebiblé de soja con el añadido de azúcar y jugos frutales “representan un factor de riesgo para el aumento de caries dental en niños debido a que poseen una capacidad erosiva del esmalte dentario, al disminuir el pH en la boca”, destaca el informe oficial.

### Los sí y los no

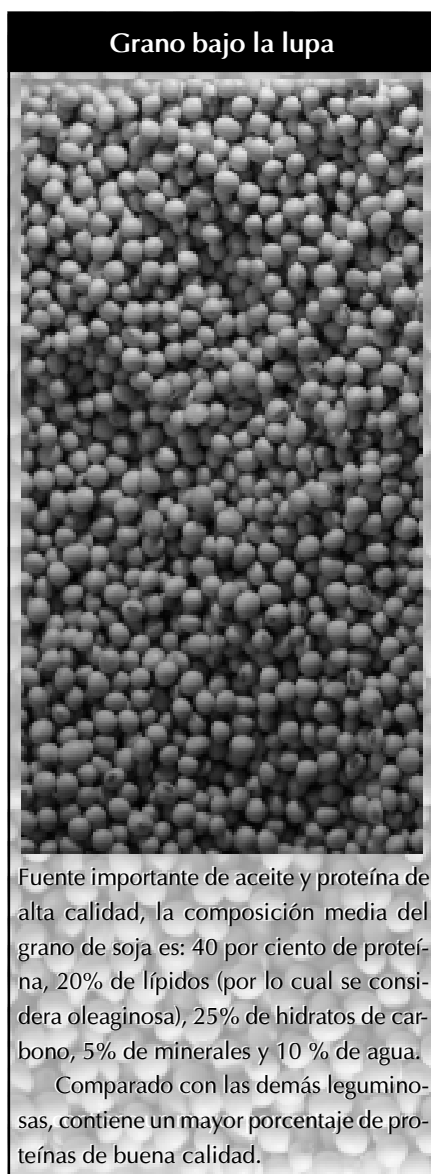
Más allá de que sería imposible por su dureza consumir el poroto de soja en estado natural, el tratamiento previo que requiere para su ablande resulta crucial para eliminar los factores tóxicos del grano, también llamados antinutrientes porque inhiben en el organismo la absorción de una serie de componentes nutritivos. El antídoto para inactivar estos factores es el pretratamiento térmico (ver recua-

dro “Los pasos del poroto”). Por ejemplo, ciertos oligosacáridos propios de esta leguminosa no pueden ser digeridos por el organismo y son metabolizados por las bacterias en el intestino produciendo gases. Durante el remojo y la cocción, se eliminan parcialmente estos efectos que resultan molestos pero no dañinos. “Los oligosacáridos culpables de las flatulencias también son responsables del buen tránsito intestinal y evitan el cáncer de colon”, indica la doctora Goldberg.

Otro de los elementos que se hallan en forma natural en el grano son las isoflavonas, que actúan como estrógenos, es decir, las hormonas femeninas producidas normalmente por los ovarios desde la pubertad hasta la menopausia. “Las isoflavonas –puntualiza la doctora Baypodrían tener un efecto adverso en menores que la consuman como base de su dieta. En niños pequeños se comparó el valor en sangre de estas sustancias cuando son alimentados con soja, y en quienes contaron con lactancia materna o leche de vaca. En los primeros, las concentraciones de estas hormonas son miles de veces más altas que en los otros casos”.

En este sentido, el informe oficial señala que si bien no hay evidencia concluyente, se cree que las isoflavonas pueden ser las responsables de la aparición de telarca precoz (desarrollo de mamas) y del adelanto en los eventos puberales en niñas o de ginecomastia (aumento del volumen de las mamas) en el niño”.

En desacuerdo con esta visión se mostró Llanos, para quien en este tema hay tanta literatura científica a favor como en contra. “Nunca he recibido un informe que haga referencia al agrandamiento de mama en los varones a causa de esta leguminosa desde Oriente, donde se consume



Fuente importante de aceite y proteína de alta calidad, la composición media del grano de soja es: 40 por ciento de proteína, 20% de lípidos (por lo cual se considera oleaginosa), 25% de hidratos de carbono, 5% de minerales y 10 % de agua.

Comparado con las demás leguminosas, contiene un mayor porcentaje de proteínas de buena calidad.

soja en forma intensiva”, argumenta Goldberg, quien es miembro fundador de la Sociedad Argentina para el Desarrollo, Usos y Educación en Soja (SADESO).

Cuando se trata de edades infantiles, las isoflavonas son motivo de controversia sobre sus consecuencias, pero hay consenso que en el adulto “tienen efectos protectores asociados a una disminución en el riesgo de desarrollar cáncer, osteoporosis y enfermedades cardiovasculares”.

#### ¿El bife vegetal?

Primera, lejos de todas las demás leguminosas, la soja es la que contiene la mayor cantidad y calidad proteica. Esta bomba verde de casi un 40 por ciento de proteínas supera ampliamente a otras fuentes de origen vegetal que apenas alcanzan al 10 ó 12 por ciento de contenido proteínico y además son de menor calidad. “Es lo más parecido que hay a la proteína animal”, compara Llanos, al tiempo que agrega: “Cuando se combina con maíz, trigo o avena, la soja enriquece mucho al otro cereal”. Si bien aporta aminoácidos esenciales para el adulto, no alcanza a cubrir el patrón de exigencia de los menores de dos años, según coinciden los especialistas.

***“Elogiaron demasiado a la soja como si salvara de la desnutrición, y en realidad es un recurso más como cualquier otra legumbre”.***

Pero así como el bebiblé de soja no reemplaza la leche de vaca, esta milenaria leguminosa “no debe usarse nunca como sustituto de la carne, ya que si bien puede cubrir las necesidades proteicas cuando se la complementa adecuadamente con otros cereales, el hierro que puede aportar es



### Camuflada en otros alimentos

“Comemos muchas veces soja y no lo sabemos”, destaca la licenciada Pilar Llanos. “Los rellenos de salchichas, canelones o raviolos congelados, así como de muchos fiambres como el salchichón la contienen”, agregó.



inferior en cantidad y biodisponibilidad al hierro que contienen las carnes”, subraya entre las conclusiones el documento consensuado por numerosos especialistas convocados por el Consejo Nacional de Coordinación de Políticas Social.

Quienes participaron del encuentro, que concluyó con este documento publicado en febrero de 2003, recordaron el objetivo de brindar información científicamente respaldada sobre el valor nutricional de la soja y su adecuada incorporación en momentos de una grave crisis alimentaria argentina cuando esta leguminosa parecía que acabaría con el hambre y era la solución a gran parte de los problemas económicos dado su bajo costo. A esto se sumaban donaciones de productores sojeros a comedores comunitarios, siendo a veces uno de los pocos ingredientes en los sectores humildes disponibles a la hora de comer.

“Elogiaron demasiado a la soja como si salvara de la desnutrición, y en realidad es un recurso más como cualquier otra legumbre. La clave es comer variado”, destaca Pueyrredón. Para Bay, “como era gratis por las donaciones, se propuso como alimento único y esto no es saludable. Sola-

mente durante los primeros seis meses de la vida, el ser humano tiene una buena alimentación con un solo alimento, la leche materna; a partir de entonces es necesario incluir una dieta variada, con diferentes tipos de alimentos para cubrir los requerimientos”. Remontándose en la historia reciente, Llanos indica: “La grave crisis de 2001 coincidió con la superproducción de soja y motivó la donación de los productores. Esto generó una controversia sobre si la soja intentaba desplazar a la carne en el país de la vaca, cuando en realidad ésta no era la meta, sino combinarla con otros productos”.

### En la etiqueta

Por cierto, con la consigna clave en nutrición que dice “de todo un poco es la mejor receta”, la soja no debe considerarse como un elemento central de la dieta, sino un complemento dentro de una alimentación variada, al igual que el resto de las legumbres. “En mayores de cinco años con buen estado de salud, puede incluirse hasta tres veces por semana en cantidades no mayores de dos o tres cucharadas soperas de porotos previamente desactivados”, subraya el documento oficial.

Otra cuestión también analizada en

aquella oportunidad por este informe fue la de introducir en las etiquetas de algunos productos elaborados de soja aclaraciones sobre su correcto consumo o leyendas del tipo “no recomendable para menores de cinco años”. En este caso, consultado el Instituto Nacional de Alimentos, indicó que “si bien no es recomendable como base de la alimentación (al igual que cualquier otro alimento que se consuma en forma casi exclusiva), consideramos que su difusión debe realizarse por medio de campañas que promuevan la importancia de una dieta equilibrada”. En tanto, este organismo oficial que depende del ANMAT tiene bajo análisis una de las iniciativas. Según se señaló, está evaluando la posibilidad de incorporar en el rotulado de las bebidas de soja la leyenda: “este producto no reemplaza a la leche”, dada la confusión que existe entre los consumidores respecto de este tipo de productos. Pero no adelantó fechas de su puesta en práctica. “Los plazos para la elaboración de esta normativa serán los que demande la discusión de la misma entre todos los organismos competentes”, se subrayó. En esta cuestión aún no está escrita la última palabra, al menos en la etiqueta. ■

El INdEC

# Una gran procesadora de información

por Verónica Engler  
vengler@bl.fcen.uba.ar

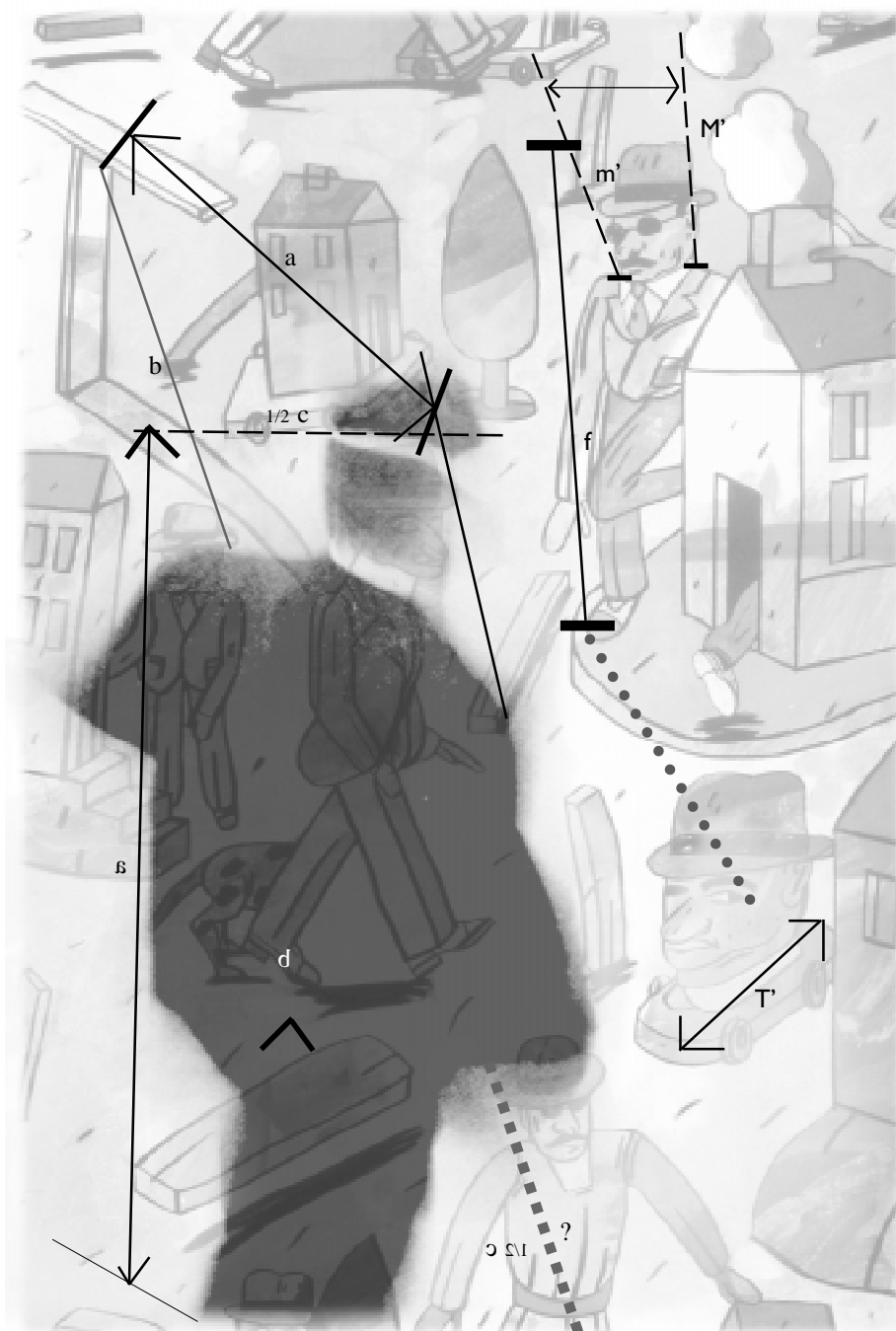
*La abigarrada urdimbre en la que se tejen las sociedades presenta un complejísimo panorama de fenómenos que no se ofrecen espontáneamente a la contabilización. El Instituto Nacional de Estadística y Censos (INdEC) es el organismo responsable de orientar y ejercer la dirección de todas las actividades estadísticas oficiales.*

Contar departamentos, casas, casillas y ranchos; hombres y mujeres que trabajan mucho, poco y nada; los niños y niñas que tienen todos los días para comer suficiente y los que no. Diez, veinte, treinta y cuatro, o ciento ocho. Cuando contamos algo, pareciera darse una situación de perfecta transparencia en nuestra relación con la realidad: a cada objeto hacemos corresponder la cifra que lo regulariza en un orden de cantidades. Pero cuando de la realidad social se trata, esa ilusión de univocidad se desvanece en un santiamén.

La abigarrada urdimbre en la que se tejen las sociedades en sus días y sus noches presenta un complejísimo panorama de fenómenos que no se ofrecen espontáneamente a la contabilización. Para contar casas y trabajadores, o para estimar el nivel socioeconómico de las personas, primero hay que definir exactamente qué es eso que se pretende cuantificar.

***“Contar es un acto absolutamente sesgado por lo ideológico. Lo que se cuenta es lo que quiere contar el que cuenta”.***

¿Qué es eso que llamamos casa? Si tiene piso de tierra o ladrillo suelto, ¿la podremos considerar casa y no casilla?, ¿y si no tiene provisión de agua por cañería dentro de la vivienda o no dispone de inodoro con descarga de agua? ¿Quiénes son los que trabajan? Ana, por ejemplo, es ama de casa. Todos los días por la mañana pre-





### Difundir públicamente

Aparte de los censos nacionales que el INDEC realiza periódicamente (en los años terminados en cero, los censos de población, familias y vivienda; en los años terminados en dos y siete, los censos agropecuarios; en los años terminados en tres y ocho, los censos económicos), el Instituto lleva a cabo otras mediciones que se registran con más asiduidad. Algunos de estos registros son: el índice de precios al consumidor, el índice de costos de la construcción, la valorización de la canasta básica alimentaria, el estimador mensual industrial (obreros ocupados, horas trabajadas y salario por obrero), estimador mensual de actividad económica, entre otros. La información que resulta de estos relevamientos se publica de acuerdo a un cronograma predeterminado, cuyo objetivo es preservar la independencia del organismo.

“Puede suceder que se trate de influir sobre en qué momento o cuáles datos

difundir. Pero esto existe acá, en Canadá, en Estados Unidos y en todo el mundo. Ningún instituto de estadística es ajeno a esto”, acepta Rosa María Gemini, directora de Difusión del INDEC.

“Lo que hacemos desde hace seis años, para evitar presiones en el sentido de qué difundir y cuándo, es adelantar un calendario con seis meses de anticipación (a la aparición de los datos), donde se anuncian las fechas en que van a estar disponibles determinados números y esto ha funcionado muy bien –cuenta Gemini. Pero tampoco es un invento del INDEC, es una práctica internacional en muchos países del mundo”.

Este tipo de mecanismos ayudan a mantener independencia en relación con los gobiernos de turno. Establecer un criterio para regular la difusión de la información producida en el Instituto sirve para despegar de la coyuntura la oportunidad de publicación de los datos.

para sandwiches que su hijo Luis de 14 años vende durante la tarde en la estación de trenes y los domingos en la cancha. El dinero de las ventas lo administra Ana para solventar algunos gastos del hogar. ¿Ana y Luis son trabajadores ocupados?

¿Cuántas calorías y proteínas necesita un chico de seis años para crecer sano? ¿Con cuánto dinero se compran esos alimentos imprescindibles? Y si el chico vive en un hogar en el que pueden darle la comida suficiente para que esté alimentado, pero no tienen resto para comprarle los útiles escolares, ¿ese nene está en un hogar pobre?

“Contar es un acto absolutamente sesgado por lo ideológico –asegura el licenciado Alejandro Giusti, director de Estadísticas Poblacionales del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC)–. Lo que se cuenta es lo que quiere contar el que cuenta. Por eso, cuanto más polémico y complejo es el fenómeno, más difícil es abordarlo”. Con esta aseveración, Giusti no intenta echar un manto de duda sobre las cifras que periódicamente el INDEC da a conocer públicamente. Más bien todo lo contrario: explicita las condiciones de producción de esos datos que se pretenden objetivos. Si bien hay un suelo ideológico sobre el que se erige la condición de objetividad de la información estadística, esto no significa que ésta surja del antojadizo arbitrio de cada gobierno, ni de los caprichos técnicos del funcionario de turno (ver “Difundir públicamente”). De hecho, hay numerosos y detallados estándares, acordados internacionalmente, que determinan los métodos para recolectar, tabular, presentar y analizar datos cuantitativos.

### Produciendo datos

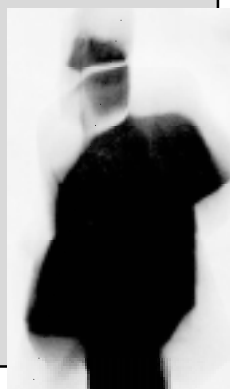
El INDEC es el organismo nacional –que depende del Ministerio de Economía y Producción– responsable de unificar la orientación y ejercer la dirección de todas las actividades estadísticas oficiales. Es el cerebro que regula el engranaje para que la procesadora de datos funcione a lo largo y ancho del país: debe estructurar el Sistema Estadístico Nacional (SEN), me-

### Acceso a la información

Cualquiera puede acceder a los datos producidos en el Instituto a través de las publicaciones que se editan en papel o CD-Rom y que se encuentran en la sala de consulta del INDEC (Av. Presidente Julio A. Roca 609, Buenos Aires). Los informes de prensa se distribuyen por e-mail y muchos de los datos y novedades aparecen en el sitio [www.indec.mecon.gov.ar](http://www.indec.mecon.gov.ar).

Por otra parte, desde hace un década funciona el Centro Estadístico de Servicios (CES) que se ocupa de ofrecer los productos y servicios del Instituto y de recibir demandas de los clientes. El perfil de los usuarios que utilizan el CES es el siguiente:

- 40,2 % estudiantes terciarios/universitarios
- 18,7 % particulares o profesionales independientes
- 14,3 % estudiantes secundarios
- 8,9 % empresas privadas dedicadas a la producción agropecuaria, industria, comercio o servicios
- 7,5 % docentes o investigadores académicos
- 5,4 % Investigadores de consultoras, fundaciones u organizaciones civiles
- 3,75 % organismos públicos
- 1,25 % medios de comunicación



inmigrantes y los cultos registrados en el país hasta la evolución de los niveles de vida y la pobreza.

Las técnicas estadísticas con las que trabajan los profesionales que conforman el plantel del Instituto (sociólogos, economistas, matemáticos, informáticos, geógrafos, entre otros) proporcionan los procedimientos descriptivos para clasificar y resumir datos, de tal modo que una masa de hechos cuantitativos puede ser presentada en una forma que facilite su comprensión.

***“Construir un dato es algo que lleva un tiempo, remite a un proceso productivo que a veces no se comprende en su real dimensión”.***

Una de las herramientas metodológicas fundamentales de la estadística son los índices (como el de desocupación o de actividad industrial), que permiten medir fenómenos complejos que no se prestan a una cuantificación directa. Por ejemplo, un investigador puede formular varias preguntas sobre diversos aspectos de la desigualdad social, tales como la vivienda, la educación, los ingresos y la salud, y luego combinar las respuestas en una sola medida de la desigualdad (el índice de pobreza).

“Construir un dato es algo que lleva un tiempo, remite a un proceso productivo que a veces no se comprende en su real dimensión. La aprehensión del dato tiene normas y procedimientos, de producción y de control. En cada momento de producción el dato va cobrando su forma, como el vino”, metafórica Giusti homologando el proceso que va desde las vides hasta la copa con aquel en el que diferentes fenómenos observados se convierten en cifras que permiten interpretar la realidad social.

dianter la articulación y coordinación de los servicios estadísticos nacionales, provinciales y municipales.

El instituto es como la casa matriz de una inmensa factoría informacional en la cual desembocan los datos provenientes desde los confines más remotos del aparato del Estado. Es a partir del procesamiento de esos registros que se pueden realizar diagnósticos y pronósticos sobre la realidad económica y sociodemográfica del país, algo indispensable para desarrollar cualquier tipo de política.

***El INDEC registra en cifras los gastos en ciencia, la cantidad de emisoras de radio y televisión o los kilos de droga decomisada por la policía.***

Aunque la estadística tiene una historia de casi dos siglos en el país, el INDEC recién fue creado en 1968, justo un siglo después de que el primer censo poblacional de la Argentina tomó forma durante la presidencia de Domingo Faustino Sarmiento.

“Lo primero que aparece (en materia estadística) como un traslado de la cultura europea a América es el registro parroquial. La iglesia católica registraba los nacimientos, las defunciones y los matrimonios”, historia Giusti.

Manuel Belgrano fue quien, en 1804, comenzó a preparar el primer plan estadístico que se proponía censar la economía rioplatense. El modelo de planilla se imprimió en 1809 y fue enviado a los gobernadores y clérigos a cargo de curatos para que recolectaran los datos. “El primer censo se hizo porque querían contar cuántos hombres había para la guerra y después se incorporó el tema de cuántos ciudadanos podían aportar al erario público”, agrega.

En la actualidad, el INDEC no sólo cuenta los hombres aptos para la guerra y la cantidad de contribuyentes. El espectro de temas que aparecen registrados en las cifras del Instituto van desde los gastos en ciencia y técnica hasta la cantidad de emisoras de radio y televisión, desde los turistas que ingresaron al país en el último año hasta la droga decomisada y secuestrada por la policía, desde el origen de los



### Quiénes trabajan en el INDEC

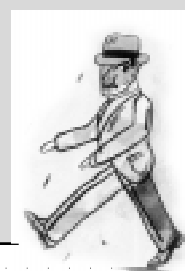
La producción de datos estadísticos requiere del trabajo mancomunado de profesionales de múltiples disciplinas que se ocupan de definir el marco teórico y metodológico para abordar el estudio del objeto seleccionado, diseñar los indicadores del fenómeno que se quiere medir y realizar las tareas de obtención de datos en el seno de la comunidad en estudio. Luego, para procesar los datos recolectados, se necesitan herramientas informáticas y métodos de cálculo adaptados al fenómeno estudiado.

■ El INDEC está integrado por 1065 agentes, de los cuales 965 realizan tareas de carácter técnico entre funciones sustantivamente estadísticas o de apoyo a la producción estadística. El resto realiza tareas administrativas, contables, legales o servicios.

■ El Instituto cuenta con 369 agentes con títulos universitarios y/o terciarios, muchos de ellos con posgrados cursados.

■ Según la formación, los profesionales se distribuyen del siguiente modo:

- Ciencias Sociales: 119
- Ciencias Económicas: 57
- Informáticos: 52
- Estadísticos Matemáticos: 29
- Geógrafos: 7
- Otros: 105



### Treinta y seis millones

El censo nacional poblacional, que se realiza cada diez años, es una de las actividades de mayor magnitud que lleva a cabo el INDEC: son dos días durante los cuales toda la población del país se ve involucrada en este procedimiento masivo de recolección de datos que sirve para averiguar cuántos somos y cómo estamos.

Hace poco más de dos años, apenas un mes antes del estallido social de diciembre de 2001, un ejército de 500.000 maestros y maestras especialmente entrenados rastillaron el territorio nacional para realizar el último censo. El resultado de ese gran sondeo es una "foto instantánea" que se está terminando de revelar en los laboratorios del INDEC.

Giusti considera que el censo 2001 fue un éxito a pesar de la omisión de 800.000 personas, debida a la negativa de la CTERA (Central de Trabajadores de la Educación de la República Argentina) a participar en el operativo censal como forma de protesta por la deuda de haberes que el gobierno nacional mantenía con el sector. Este último relevamiento tuvo varias innovaciones en relación con los precedentes. Dos de las nove-

dades fueron las preguntas sobre discapacidad y sobre los pueblos originarios (indígenas) de América, temas que plantearon problemáticas densas a la hora de formular el cuestionario y adecuar las técnicas de contabilización.

***El equipo de Giusti está trabajando sobre la encuesta de aborígenes, un tema complejo que remite directamente a una injusticia histórica todavía no saldada.***

"Hoy en día casi todos los países del mundo, por una presión de las bases, de las ONGs y de los organismos internacionales, plantean la pregunta sobre discapacidad en los censos. Hay una presión de todos estos ámbitos para que la pregunta esté en el censo. Entonces los institutos de estadísticas la incorporan", comenta el sociólogo. Pero, a la luz de los datos que se han procesado en el INDEC, parece que todavía el mecanismo no está aceitado lo suficiente. "Como sabemos que la discapacidad es un fenómeno complejo, nosotros hicimos una

encuesta complementaria al censo de población y detectamos que éste sólo capta la mitad de los discapacitados".

El equipo que dirige Giusti también está trabajando sobre la encuesta de aborígenes, un tema complejo que remite directamente a una injusticia histórica todavía no saldada. "Es tratar de medir la existencia de un fenómeno que representa a los supervivientes de una masacre que se cometió en América con los que vivían en este lugar. Entonces, hay que desandar quinientos años de historia, para que los descendientes de esos habitantes puedan autoidentificarse en una sociedad en donde, en general, la información estuvo al servicio de la dominación".

Uno de los resultados más impresionantes que se darán a conocer públicamente durante este año muestra esa injusticia histórica que hoy se actualiza en el mapa de la desigualdad social. En una lectura preliminar de la encuesta, se pudo observar que los indicadores de pobreza aumentan notablemente en los hogares cuyos integrantes pertenecen o descienden de algún pueblo indígena. ■

**Recursos renovables**

# Con las manos en el viento

*La energía eólica en la Argentina es un recurso abundante, desaprovechado y viable en la vida cotidiana. En un campo a 150 kilómetros de Buenos Aires, tres molinos de viento abastecen de electricidad a tres casas que poseen heladera y computadoras con conexión a Internet. En Comodoro Rivadavia, provincia de Chubut, el 27 por ciento de la energía utilizada proviene del Parque Eólico Antonio Morán, el mayor de este tipo en toda Sudamérica.*

por Cecilia Caimi\*  
ccaimiacc@yahoo.com.ar

Cuando Gustavo Ramírez está en su casa puede prender la luz, guardar la manteca en la heladera, encender la computadora y conectarse a Internet. Gustavo vive en la provincia de Buenos Aires, y nada de esto sería novedoso si no fuera porque toda la electricidad que consume en estos actos proviene exclusivamente de la energía eólica.

Estos datos son aún más sorprendentes si se toma en cuenta que la provincia de Buenos Aires ni siquiera es la región de la Argentina más favorecida en la desigual distribución geográfica del viento, un privilegio que sí posee el sur de nuestro país. “A una velocidad de 30 kilómetros por hora, típica del sur de Chubut, el aprovechamiento teórico de energía eólica es 27 veces mayor que a una velocidad de 10 kilómetros por hora, característica del norte de la provincia de Buenos Aires”, cuenta el doctor Vicente Barros, investigador del Conicet y docente en el Departamento de Ciencias de la Atmósfera de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA. Y agrega: “En la Patagonia argentina podría haber, por aprovechamiento eólico, una producción anual de 4380 millones de megawatts hora, el equi-

valente de 1216 millones de metros cúbicos de petróleo por año, es decir más de 40 veces la producción anual de petróleo de todo el país”.

Esta ventaja del sur argentino respecto a otras partes del mundo se debe a que en esta zona soplan vientos de gran intensidad durante todo el año sin variaciones diurnas importantes. Además, la geografía del terreno, que presenta, por ejemplo pasos entre montañas, los ayuda a aumentar la velocidad.

## **Origen y ventajas de los vientos**

Los vientos son causados por el desigual calentamiento del planeta entre el



ecuador y los polos y son afectados por la rotación de la Tierra. Cuando aumenta la temperatura de una masa de aire, ésta asciende, y las masas de aire circundantes tienden a moverse para ocupar el “vacío” generado por ella. Además, estos desplazamientos atmosféricos están influenciados por las variaciones de temperatura en las distintas estaciones del año y por el relieve del suelo. Un paso entre montañas, como ocurre en algunos lugares de Neuquén, acelera notablemente el viento. La distinta capacidad calorífica entre la tierra de los continentes y el agua de los océanos provoca brisas de mar, un viento lo suficientemente intenso en algunos



### Los molinos de la Patagonia

gía que se hubieran producido inevitablemente de no contar con este aporte energético.

Hasta agosto del 2000, el parque, que se encuentra sobre el cerro Arenales a 400 metros sobre el nivel del mar, contaba con diez molinos de 6500 kw en total. Fue en agosto del 2000 cuando la Sociedad Cooperativa Popular Limitada de Comodoro Rivadavia y Gamesa Eólica de España firmaron un convenio para la puesta en marcha de 16 molinos nuevos de 750 kw cada uno. Ese mismo día se inauguró el Centro de Investigación de Energías no Convencionales, cuya finalidad es investigar y poner en marcha emprendimientos económicos en la región destinados a la producción de energías no contaminantes.

“El 27 por ciento de la energía utilizada en la ciudad de Comodoro Rivadavia proviene del Parque Eólico Antonio Morán, el mayor parque de este tipo en toda Sudamérica”, afirma el doctor Mattio, director del Centro Regional de Energía Eólica. Y agrega que, gracias a este aprovechamiento de recursos, en los últimos meses la ciudad evitó cortes de ener-

lugares del mundo (como California) como para permitir el aprovechamiento de la energía eólica a escala industrial.

“A diferencia de lo que ocurre en el hemisferio norte, en donde los vientos de invierno son mucho más intensos que en el verano, en el hemisferio sur, entre latitudes de 40 y 60 grados, los vientos son igualmente intensos durante todo el año, y por eso los rendimientos económicos de los equipos conversores de energía eólica pueden ser mucho mayores que en el hemisferio norte”, comenta Barros. Además, en la Patagonia, por razones que aún se desconocen, la variación diurna del viento es mucho menor que en el hemisferio norte, donde a la puesta del sol se producen calmas que duran hasta la mañana siguiente.

Aunque no toda la energía cinética del viento puede convertirse en la energía mecánica de las palas de un molino, se pueden minimizar los factores que impiden su máxima utilización. El aprovechamiento es proporcional al cuadrado del diámetro de las palas e inversamente proporcional a la cantidad de éstas, y el molino de dos palas es el más efectivo. También es

proporcional a la altura a la que se coloca el equipo, ya que a nivel del piso la velocidad del viento disminuye por el rozamiento con la superficie. El máximo aprovechamiento es a partir de los 30 metros sobre el suelo. También es importante mantener un espacio mínimo entre los equipos ya que la presencia de un molino interfiere en el flujo del aire hasta una distancia de 10 veces el diámetro de las palas.

El doctor Barros agrega que, con velocidades de viento muy altas, la estabilidad del equipo puede peligrar y por ello hay una velocidad a partir de la cual se utilizan varios métodos para no captar toda la frecuencia posible. Estos métodos de control pueden basarse en modificar el área de intercepción del viento girando el plano de rotación de las palas, aunque también son utilizados sistemas de frenos mecánicos, hidráulicos o magnéticos.

El investigador explica que la ventaja de obtener la energía del viento reside en que éste es un recurso inagotable y su obtención no produce efectos nocivos en el medio ambiente, a diferencia de la energía que proviene de combustibles fósiles. Además, los equipos pueden produ-

cir energía eléctrica ó mecánica, incluso a nivel industrial, y requieren sólo una superficie pequeña para su funcionamiento, lo que los hace compatibles con otros usos del suelo.

### Los cambios en el tiempo

“Hasta fines del siglo XVIII, el viento era una de las principales fuentes para la generación de energía mecánica”, relata Barros. Y continúa: “En Persia, los molinos eran utilizados para moler granos desde el año 200 a.C. En Europa, donde aparentemente fueron introducidos por quienes retornaban de las cruzadas, hay documentos que muestran que los señores feudales prohibían a sus súbditos la tenencia de molinos para obligarlos a moler el grano en el del señor. Después fueron reemplazados por combustibles fósiles, como el carbón y el petróleo, que tienen la ventaja de que son disponibles a voluntad en tiempo y lugar”.

Actualmente, más de las dos terceras partes de la energía producida por el hombre proviene de estos combustibles fósiles, en cuya quema se emite dióxido de carbono, uno de los gases más dañinos para

## El cambio climático en cifras

■ 30 % es el aumento de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera en el último medio siglo, provocado principalmente por la quema de combustibles fósiles.

■ 0,5 grados es lo que ha aumentado la temperatura media del planeta en el mismo lapso.

■ 5,5 % de la superficie antártica cubierta por los hielos se ha derretido por este recalentamiento del planeta, provocando el aumento del nivel de los océanos.

■ 70 millones de europeos que viven en zonas costeras deberán emigrar antes del 2100 por la subida del nivel del mar.



el medio ambiente por el conocido efecto invernadero. La principal consecuencia de este efecto es que en los últimos cincuenta años la temperatura media del planeta ha aumentado alrededor de medio grado, un calentamiento que en condiciones normales hubiese tardado miles de años en producirse (ver “El cambio climático en cifras”).

Estos problemas, sumados a que se trata de recursos no renovables, han generado que muchos países vuelvan a considerar a los vientos como una fuente energética posible. En Europa existen planes nacionales de energía eólica, y Dinamarca es el país más avanzado en la obtención de este recurso: más del 40 por ciento de la energía que utiliza proviene del viento.

Barros asegura que, si bien a principios de siglo XX ya existían en la Argentina molinos de viento extractores de agua, la utilización de energía eólica en nuestro país no guarda relación con el inmenso recurso que representa.

### La fuerza del viento en la vida cotidiana

El caso presentado al comienzo de esta nota es real. Ramírez es veterinario y vive en un campo de 20 hectáreas que es propiedad de Gaia, una asociación sin fines de lucro que ha montado una pequeña granja eólica en Navarro, a 150 kilómetros de

la ciudad de Buenos Aires.

“La energía producida por el viento está presente aunque no la utilicemos y, si no la aprovechamos, como ocurre en general en nuestro país, se pierde en la atmósfera”, explica. En Gaia hay instalados tres molinos con una potencia total de 5400 watts (una bombita de luz utiliza alrededor de 60 watts).

Los 18 kilowatt de corriente continua que se generan por día en estos equipos se acumulan en un banco de baterías para poder ser utilizados en los días sin viento o en los que aumenta la demanda energética. Luego es transformada en corriente alterna a 220 volts (el tipo de corriente que se usa en la ciudad de Buenos Aires). Con este sistema se abastecen de electricidad tres casas que poseen heladera y computadoras con conexión a Internet.

Este sistema funciona sin problemas durante todo el año, exceptuando 30 días en promedio en los que hay problemas por la discontinuidad del viento. Para estudiar el rendimiento de los equipos, Ramírez colocó, en uno de los molinos, un anemómetro que mide la velocidad del viento y evalúa el recurso eólico para la zona.

Los fines de la ecovilla Gaia van más allá de los molinos de viento. El objetivo principal es generar una pequeña comunidad que aproveche y recicle al máximo los recursos naturales. Para esto han instala-

do cocinas solares, pequeñas huertas donde se cultiva sin agroquímicos y un vivero que aprovecha las construcciones abandonadas que ya existían cuando adquirieron el campo. Las viviendas que utilizan están construidas con tierra, arena, paja y agua y se están construyendo baños secos en donde los residuos orgánicos se tratan con lombrices californianas, cuyo producto puede ser utilizado para fertilizar suelos. También han presentado un proyecto a la municipalidad de Navarro, para lograr el primer municipio autosustentable.

Gaia es sólo un pequeño laboratorio que demuestra que la energía eólica, un recurso que en la Argentina está altamente desaprovechado, es viable en la vida cotidiana.

El principal problema para obtener esta energía reside en el alto costo de instalación de los equipos, aunque Ramírez y Barros coinciden en que, si se suman el precio del consumo y de instalación de los tendidos de electricidad comunes, en pocos años estos costos se igualan. Y aprovechando la energía de los vientos se evitan los altos riesgos del despilfarro de recursos naturales y del exceso de contaminación ambiental que genera nuestra civilización. ■

\* Estudiante de la carrera de Ciencias de la Atmósfera, en la FCEyN. Realizó el curso de Introducción a la Divulgación Científica FCEyN, 2003.



Descubren un freno al cáncer

# Paso a paso

por Susana Gallardo [sgallardo@bl.fcen.uba.ar](mailto:sgallardo@bl.fcen.uba.ar)

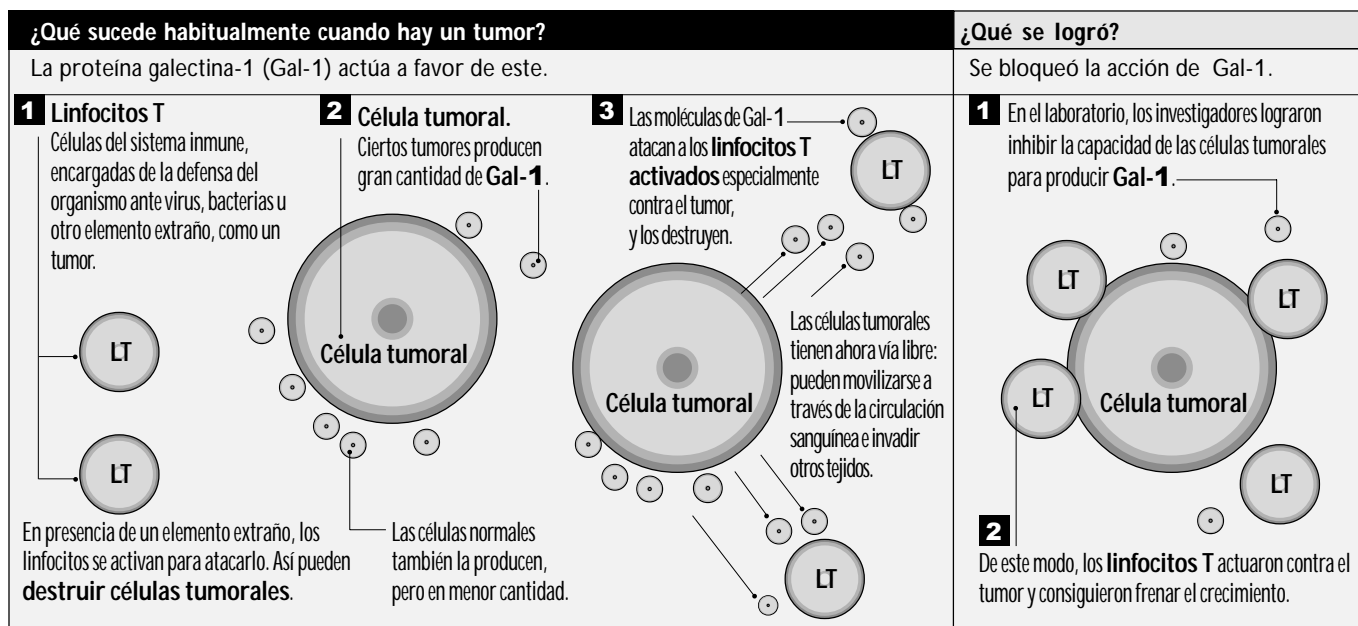
*Un equipo de investigadores argentinos comprobó que al bloquear la producción de una proteína, denominada galectina-1, las células tumorales son atacadas por el sistema inmune. En experimentos con ratones, el 95 por ciento de los tumores no pudieron desarrollarse. El trabajo fue publicado en la prestigiosa revista Cancer Cell, y anunciado en tapa. Además, fue distinguido en un elogioso comentario de Nature Reviews Cancer.*



El sistema de defensa del organismo, que es capaz de hacerle frente a cualquier virus o bacteria que se cruce en su camino, siempre se mostró impotente frente al cáncer. La realidad es que las células tumorales se valen de ciertas estrategias para burlar los controles y así proliferar a gusto. Pero ese *modus operandi* acaba de ser puesto al descubierto y el accionar, hasta ahora impune, del tumor pudo ser desbaratado. En efecto, un equipo de investigadores argentinos descubrió que al bloquear la producción de una proteína que es liberada por las células cancerosas, éstas no pueden desarrollarse debido a que son atacadas por el sistema inmunológico.

***La Gal-1 es capaz de aniquilar los linfocitos T, células encargadas de defender el organismo de invasores foráneos, como virus o bacterias.***

En estudios realizados en ratones y en tejidos humanos, los investigadores comprobaron que la abundancia de una proteína, denominada galectina-1 (Gal-1), facilitaba el desarrollo del tumor. El bloqueo de su producción, por el contrario, hizo que el 95 por ciento de los tumores no crecieran. Estos resultados fueron publicados en *Cancer Cell* y anunciados en la tapa.



Fuente: Dr. G. Rabinovich. CONICET

El trabajo fue llevado a cabo por investigadores que trabajan en el Hospital de Clínicas, la Facultad de Medicina y la de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA, el Instituto Leloir y el Hospital Eva Perón. Todos estuvieron liderados por Gabriel Rabinovich, de 35 años, investigador del Conicet, y doctorado en la Universidad Nacional de Córdoba.

La historia de este descubrimiento se remonta a 1998, cuando Rabinovich pudo determinar que la Gal-1 es capaz de aniquilar los linfocitos T, células encargadas de defender el organismo de invasores foráneos, como virus o bacterias. Pero la proteína no destruye cualquier linfocito, sino sólo aquellos que están activados, es decir, preparados para actuar en forma específica contra un enemigo determinado.

Los investigadores primero indagaron esta acción de la proteína en cultivos celulares en los cuales los linfocitos eran activados en forma artificial. Pero luego se propusieron confirmar los resultados en experimentos en vivo. Había que aplicar la proteína en una enfermedad en la que muchos linfocitos estuvieran activados. Así, Rabinovich indagó la función de Gal-1 en la artritis reumatoidea, enfermedad que produce una inflamación en el revestimiento de las articulaciones.

Mediante experimentos con ratones, el investigador demostró que la proteína en cuestión era beneficiosa porque destruía los linfocitos que causaban daño en las articulaciones. Este trabajo fue publicado en la revista *Journal of Experimental Medicine* en agosto de 1999. Si la abundancia de Gal-1 tenía un efecto curativo en la artritis reumatoidea, el paso siguiente era indagar qué función podía cumplir en otras enfermedades, como por ejemplo el cáncer.

#### LA PARADOJA DEL CÁNCER

El hecho de que un tumor pudiera desarrollarse e invadir el organismo a pesar de la acción del sistema inmune siempre fue considerado como una paradoja que intrigaba a los investigadores. Debía haber algún mecanismo por el cual los tumores escapaban de la acción destructiva de las células inmunológicas.

En tal sentido, Rabinovich pensó que Gal-1 podía estar implicada en esa estrategia de escape del tumor. Y, precisamente, hace unos años el grupo de José Mordoh había observado que las células de melanoma humano –que es el más agresivo de los cánceres de piel– producían y liberaban una proteína del mismo peso molecular que Gal-1. “Cuando llegué a

Buenos Aires con la hipótesis de que Gal-1 podría jugar un papel importante en el mecanismo de escape tumoral y me contacté con la Fundación Sales para que me financiara parte del proyecto, la Fundación me contactó con el doctor José Mordoh (del Instituto Leloir), quien me ofreció sus líneas de melanoma y comenzamos a trabajar en el tema”, recuerda Rabinovich, y subraya: “¡Fue una feliz coincidencia!”

Los investigadores pusieron manos a la obra y lograron confirmar que las células tumorales producen mayor cantidad de Gal-1 que las normales. Y comprobaron su presencia en distintos tipos de tumores, además del melanoma. “Cuando colocábamos Gal-1 en una preparación de linfocitos T activados, observábamos que más de un 90 por ciento de ellos eran aniquilados –explica Rabinovich–. Pero cuando excluíamos la Gal-1, esa supresión descendía a alrededor del 30 por ciento”.

Sólo faltaba averiguar qué sucedía con un tumor si se bloqueaba la proteína. Entonces prepararon tumores de melanoma humano en los cuales, mediante una técnica de ingeniería genética, se bloqueó la producción de la proteína. Luego inyectaron esos tumores, que tenían distinto grado de concentración de la proteína. Y observaron que el 95 por ciento de los tumo-

res que tenían muy poca producción de Gal-1 no pudieron crecer.

Incluso los investigadores verificaron que si a los animales se les volvía a insertar otro tumor con mucha Gal-1, el tumor crecía de manera más lenta que lo habitual. “Es posible que los ratones hubieran desarrollado una memoria inmunológica que les permitió hacer más lento el crecimiento del tumor”, reflexiona Rabinovich.

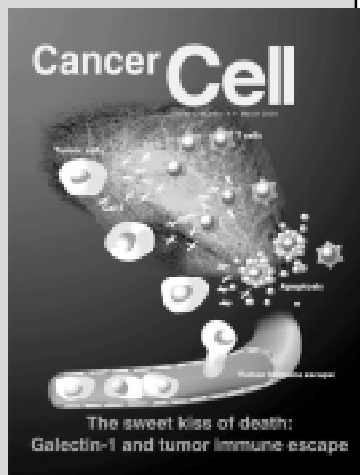
En las conclusiones del artículo publicado en *Cancer Cell*, los investigadores señalan que los datos allí presentados demuestran que las células de melanoma pueden servirse de la Gal-1 para inducir la apoptosis (muerte celular programada) en los linfocitos T activados en forma específica por el tumor, y estiman que este mecanismo puede estimular la labor supresora del sistema inmune. Sin embargo, los investigadores admiten la posibilidad de que se desencadenen procesos complementarios que podrían facilitar el crecimiento tumoral.

#### UN MECANISMO QUE PODRÍA CURAR

Pero el hecho de que funcione en el melanoma, ¿significa que este mecanismo puede actuar en otros tumores? Rabinovich responde: “Teniendo en cuenta que Gal-1 se expresa en diversos tipos de tumores, como el adenocarcinoma de colon, el de tiroides, próstata y tumores del sistema nervioso central entre otros, nuestra hipótesis es que la mayoría de los tumores utiliza esta proteína para eludir las defensas del organismo e invadir nuevos tejidos”.

Si bien este hallazgo está lejos aún de brindar un tratamiento efectivo contra el cáncer, abre la perspectiva para desarrollar drogas que inhiban la Gal-1 y de este modo las defensas del organismo tengan vía libre para atacar el tumor.

#### El dulce beso de la muerte



“El dulce beso de la muerte” es el título con que *Cancer Cell* anuncia el artículo de Gabriel Rabinovich y sus colegas. Este título hace referencia a las características de la proteína Gal-1, que tiene la propiedad de unirse a los azúcares de la membrana celular.

#### Cualquier terapia que se diseñe en el futuro deberá bloquear la capacidad de escape de las células tumorales.

Respecto de las posibilidades de iniciar las pruebas en seres humanos, Rabinovich adelanta: “Estamos viendo cuáles serían las mejores formulaciones farmacéuticas de un inhibidor de Gal-1”.

Según el investigador, cualquier terapia inmunológica contra el cáncer que se diseñe en el futuro deberá estar acompañada de una estrategia que bloquee la capacidad de escape de las células tumorales. ¿Se podría bloquear la Gal-1 mediante un fármaco? “Justo en esto estamos trabajando –destaca el investigador–, la posibilidad de que Gal-1 interaccione con azú-

cares específicos situados en receptores de membrana hace a esta estrategia especialmente interesante para bloquear la señalización vía receptor a través de un fármaco inhibidor”.

A Rabinovich las cosas no le resultaron sencillas. Cuando llegó a Buenos Aires, en 1999, luego de volver de Londres, era becario posdoctoral del Conicet. Así inició el proyecto de investigación y comenzó a dirigir las tesinas de licenciatura de Natalia Rubinstein (la primera autora del trabajo) y de Marta Toscano. Pero no podía obtener fondos para trabajar. “La entrada a carrera del Conicet estaba bloqueada y por lo tanto no podía pedir subsidios como investigador de Conicet (ni de UBA ni de Agencia)”, explica, y prosigue: “Entonces solicité un subsidio para menores de 40 años de la Secretaría de Ciencia y Técnica. Pero a pesar de que fue asignado en el 2001, luego perdió su valor legal y no fue efectivizado, lo cual generó muchos conflictos. Hasta que conseguí el apoyo de la Fundación Sales, y también de la Fundación Antorchas. Finalmente, cuando entré a carrera en el 2002, pude solicitar un subsidio del Ministerio de Salud de la Nación”.

Ahora, con la trascendencia del hallazgo, la mira está puesta en construir moléculas que puedan ingresar en las células tumorales y evitar que éstas produzcan Gal-1. Diferentes instituciones extranjeras están interesadas en el proyecto.

El último número de *Nature Reviews Cancer* presenta un comentario destacado sobre el trabajo de Rabinovich y sus colegas, en el que se señala que la proteína Gal-1 podría ser un blanco terapéutico sumamente útil. El artículo concluye diciendo: “Este trabajo aporta un vínculo importante entre Gal-1 y la progresión tumoral, e identifica un mecanismo relevante que le brinda un privilegio al tumor”. ■

# Sobre esas presuntivas *aguas del tiempo*

por Guillermo Mattei\*  
gmattei@df.uba.ar

*Nacida en el siglo XIX, acreedora de la Revolución Industrial, perturbación para matemáticos, casi un mandamiento para físicos, portadora del mismísimo enigma de la realidad, fascinación de filósofos y poetas, la Segunda Ley de la Termodinámica, o Ley de la Entropía, dibuja inagotables laberintos borgeanos en el conocimiento humano.*

**D**esafío. Una de las dos citas de Borges que siguen es apócrifa.

“Nietzsche recurre a la energía; la Segunda Ley de la Termodinámica declara que hay procesos energéticos que son irreversibles. El calor y la luz no son más que formas de la energía. Basta proyectar una luz sobre una superficie negra para que se convierta en calor. El calor, en cambio, ya no volverá a la forma de luz. Esa comprobación de aspecto inofensivo e insípido, anula el ‘laberinto circular’ del Eterno Retorno.” Jorge Luis Borges, “La doctrina de los ciclos” (*Historia de la eternidad*).

“He dicho que los hombres de ese planeta conciben el universo como una serie de procesos que se desenvuelven menos de modo sucesivo en el tiempo que en el espacio. En los diccionarios de Tlön no hay palabra alguna que signifique *ahora* ni es exagerado afirmar que la existencia admite dos sentidos temporales. Las humaredas en el horizonte convergen hacia los campos incendiados reduciéndolos a un cigarro a medio apagar. Los conceptos *causa* y *efecto*, en Tlön, no encierran una petición de principio sobre el problema de las simetrías temporales. Saben que las causas de las cosas pueden estar en el futuro y los efectos en instantes pretéritos”. Jorge Luis Borges, “Tlön, Uqbar, Orbis Tertius” (*Ficciones*).

Correcto. La primera cita es verdadera y, a la vez, constituye una pequeña evidencia de la vasta cultura de un erudito de la primera mitad del siglo XX. La segunda es una (¿irreverente?) simulación que pretende poner en la letra de Borges algunos otros aspectos básicos de la realidad explorados profundamente por la física en la segunda parte de esa centuria. Sin embargo, y aunque no lo parezca, en ninguna de las dos citas hay ficción. Un imaginario tesista noruego de literatura latinoamericana afirmaría: “Las citas refieren al problema aparente que enfrenta al tiempo consciente de los seres humanos, que parece fluir, con el tiempo reversible del mundo físico de la relatividad y de la cuántica. Sin embargo, hay un puente entre la percepción humana del pasado, presente y futuro y la evolución de los procesos naturales: La Segunda Ley de la Termodinámica.”

## Una primera enciclopedia de Tlön Vol. XI

Alfred Hitchcock personalmente filma la toma. La actriz Janet Leight deja caer una copa con vino y la cámara registra el choque contra el piso. La copa, que inicialmente está completa y llena sobre la mano, termina rota y con el vino desparramado según la topografía del piso. Copa y vino siguen las mismas leyes de caída





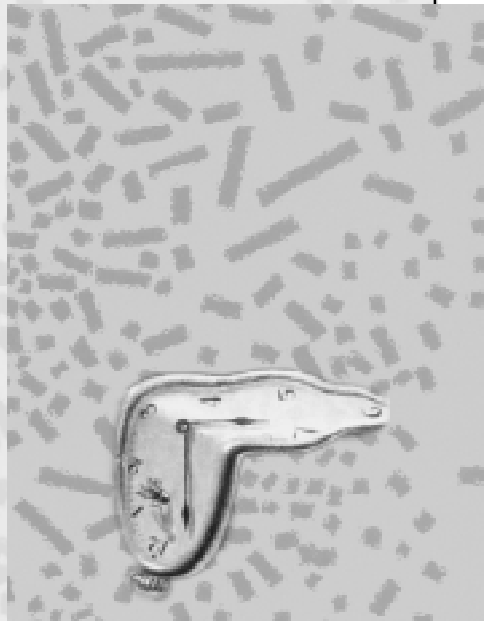
## Entropía y algo más

La Segunda Ley de la Termodinámica esconde mucho más de lo que muestra. Emparentada con los mismísimos orígenes de la realidad, para muchos científicos es la más perfecta de las leyes físicas. Cualquier modelo físico puede ser insuficiente para describir tal o cual aspecto de la realidad, puede quedar incluido en otro modelo más abarcativo y nada de esto perturbará el equilibrio emocional de sus autores, pero violar la Segunda Ley es caer en el averno científico más abyecto. Einstein decía: “Es la única teoría física de contenido universal sobre lo que estoy convencido que, dentro del marco de la aplicabilidad de sus conceptos básicos, nunca será superada”. No se ha encontrado ni la más mínima violación a la Segunda Ley y, tal como la Primera Ley, es precisa e independiente no sólo de los detalles de los modelos sino del hecho de que la materia esté constituida por partículas interactuantes.

Su estructura formal parece no gozar del beneplácito de los matemáticos: “Cada matemático sabe que es imposible entender un curso básico de termodinámica”, dijo el renombrado especialista Víctor Arnold hace una década. Aún hoy se discute la consistencia de sus variadas formulaciones.

Muchos filósofos reconocieron en la Segunda Ley diferentes trazos fundamentales de la existencia. Pío XII encontró la evidencia de un ser superior que daba origen al universo con un valor bajo de entropía a partir del cual procedía la inevitable degradación. Engels veía una contradicción al materialismo dialéctico en tanto argumento opuesto a la perfectibilidad humana.

El ecólogo Jean Paul Deléage ve la Segunda Ley como una llave para entender y resolver los problemas económicos que aparecen, cada vez más a escalas planetarias, durante la fase final del proceso productivo en la forma de acumulación de desperdicios.



Muchos historiadores parten de la Segunda Ley como una reorientación de la *Dialéctica de la Naturaleza* engeliana ya que “los seres humanos no son inmunes a estos procesos que tienen lugar en lo más profundo de la materia misma”.

Su impacto en la tecnología está relacionado nada menos que con la comprensión de los motores térmicos que inauguraron la Era Industrial.

En los años setenta comienzan las primeras aplicaciones del concepto de entropía a la economía en un esfuerzo por entender mejor las relaciones entre los subsistemas de un sistema planetario que tiene, entre otras perspectivas, el agotamiento de las fuentes convencionales de energía, el aumento de la población y las crecientes desigualdades sociales. Algunas corrientes marxistas plantean reformulaciones que incluyen a la Segunda Ley en el diseño de las regulaciones de la relación entre subsistemas, mientras el capitalismo, por su parte, solo parece ser la encarnación paradigmática de un sistema aislado librado a esta ley fundamental de la Naturaleza. ¿Aquello de que la prosperidad de algunos países es consecuencia de la degradación de otros tendrá que ver con la Segunda Ley?

que la manzana de Newton. Pero la física enseña que estas leyes son reversibles en el tiempo. Es decir, pasar para atrás la filmación de la caída no es físicamente ilógico: el vino disperso se aglutina, los pedazos de vidrio se juntan para recomponer la copa, el conjunto *salta* del piso a la mano de la actriz. De hecho, la película de Hitchcock al revés es la realidad del hipotético Tlön.

Aunque no parezca, los argumentos anteriores no se pergeñaron en la mente de un físico luego de reiterados brindis con vino. La energía adquirida en la caída debe transformarse en calor. Los pedazos de vidrio y el vino en las baldosas están levemente más calientes que antes del vuelo. La energía en forma de calor disipado es la cantidad justa y necesaria para retrotraer el movimiento. La ley física que describe la imposibilidad de perder energía cuando el calor cuenta, es la Primera Ley de la Termodinámica. La naturaleza temporalmente simétrica de esta ley guarda el milagro de la recomposición. ¡Pero nunca nadie vio semejante cosa!

Los llamados movimientos térmicos de los átomos en los fragmentos de copa, vino y baldosas son tan desordenados que solo una combinación ridículamente precisa de ellos podría recomponer la copa llena. Sin embargo, en Tlön, tales fenómenos serían normales siempre y cuando sucedieran *después* de que ocurriera un cambio a gran escala en el sistema copa-vino, tal como romperse y desparrarse. Los movimientos precisamente coordinados son aceptables en tanto efecto de una causa que reside en un cambio a gran escala.

La palabras *causa y efecto*, y su uso cotidiano, encierran implícitamente la noción de la asimetría *pasado y futuro*, aunque, desde el punto de vista físico, cualquier ser humano tendría que estar dispuesto a encontrar causas en el futuro tal

como lo hacen los tlönistas. Las leyes físicas no distinguen evoluciones hacia el pasado o hacia el futuro. En la dirección *normal* del tiempo, las causas preceden a los efectos pero, para *el otro lado*, el futuro (copa rota y vino derramado) es causa del pasado (copa llena de vino).

Según explica el famoso físico británico Roger Penrose en su libro *La nueva mente del Emperador*, “Si bien las recomposiciones de copas rotas son hechos físicamente plausibles, lo que aparenta ser imposible es su coexistencia con los fenómenos *normales*. Vivimos en un mundo donde, de alguna manera, las causas se empecinan en preceder a los efectos o, más técnicamente, los movimientos exactamente coordinados de un grandísimo número de pequeñas partículas ocurren sólo después de algún cambio a gran escala del objeto en estudio y no antes”. ¿El porqué? La magnitud que los físicos llaman *entropía* (ver recuadro “Desafío para padres”) tiene la respuesta.

En términos generales, a partir de un determinado estado del sistema en estudio, la entropía aumenta siempre en ambas direcciones del tiempo. Sin embargo, en caso de que algún condicionamiento obligue a la entropía a ser baja en el pasado, entonces no le quedará otra que exclusivamente subir hacia el futuro. Por ejemplo, el gas retenido adentro de la botella por la tapa de una gaseosa no tendrá más opción que la de expandirse por la habitación una vez producido el destape. Hubo condiciones fundamentalísimas en el origen del universo que hicieron las veces de la tapa de la gaseosa y todo comenzó con baja entropía. Ahí el origen de la Segunda Ley de la Termodinámica: la entropía de un sistema aislado nunca decrece o, más estrictamente, crece en transformaciones irreversibles o permanece constante en las reversibles. Ahí la asimetría temporal.



### Desafío para padres

Para acercarse al concepto de entropía (que significa “transformación” en griego), el físico Kip Thorne aporta una simpática experiencia generalizada entre los padres contemporáneos: ordenar el cuarto de un hijo. Valen algunas simplificaciones poco realistas pero que aportan claridad a las ideas.

El cuarto no tiene muebles, su piso cuadrado está formado por cien baldosas (diez filas de diez) y el criterio de orden paterno es tirar al voleo veinte juguetes a la fila norte de baldosas, sin importar de qué juguete se trate y en qué baldosa caen. ¿De cuántos modos pueden aterrizar los juguetes? El primer juguete podría caer en cualquiera de las diez baldosas, el segundo también y así sucesivamente hasta el vigésimo: es decir de “veinte-veces-diez” (diez a la veinte,  $10^{20}$ ) maneras diferentes. Dado que es un número muy grande para escribir, su logaritmo decimal (número de factores diez que deben multiplicarse para obtener el número en cuestión), facilita las cosas. En este caso vale veinte. La entropía del cuarto ordenado por el padre tiene que ver con la cantidad “veinte”.

Sin embargo, el niño naturalmente desordena y desparrama los juguetes entre las cien baldosas posibles de su cuarto. Ahora, el número de maneras en las que los juguetes pueden caer sobre las baldosas, con razonamiento análogo al anterior, son “veinte-veces-cien” (cien a la veinte,  $10^{20}$ ). Pero “veinte-veces-cien” es equivalente a “cuarenta-veces-diez” (diez a la cuarenta,  $10^{40}$ ). El logaritmo de este número es cuarenta y así la medida de la entropía, en este caso, será “cuarenta”.

La entropía del cuarto sube de veinte a cuarenta con la intervención del niño y la entropía del cuarto baja de cuarenta a veinte con la intervención del padre. A mayor entropía, mayor desorden. A menor entropía, es necesario dar más información: “juguetes en la fila norte” tiene mayor contenido informativo que “juguetes en todo el cuarto”.

En una versión un poco más realista de esta historia familiar, sucede algo parecido con el dato adicional de que el padre termina cansado, acalorado y fastidiado: sus músculos, los reguladores térmicos de su cuerpo y su ánimo pagaron las consecuencias. El aire de la habitación recibió un poco del calor corporal del padre. La entropía del cuarto bajó por la acción externa del padre. La entropía del padre tendió a subir, pero descansando un poco, transpirando y pasando a actividades más placenteras logró compensar esa subida. El aire de la habitación se calentó (mínimamente, pero inevitablemente recibió el calor del cuerpo paterno) y su entropía subió. La entropía de todo el universo subió. Así las cosas, finalmente y pase lo que pase, la entropía del universo siempre sube, dicta la Segunda Ley. El universo tiende a desordenarse por más que la infinidad de sus partes constitutivas jueguen a intercambiar entropía entre sí.



Penrose explica que “los estados de alta entropía son los estados ‘naturales’ que no necesitan más explicación, pero los estados de baja entropía en el pasado son un enigma”. El hombre es un enigma.

Los científicos pueden afirmar, con sus cálculos, que los seres vivos son sistemas de baja entropía y alta organización. Entre otras formas vitales, el hombre adquiere energía ordenada del oxígeno y de los alimentos, con bajos niveles de entropía, y libera energía desordenada en forma de calor, con altos niveles de entropía. El juego de la vida, en todos sus órdenes, se llama “compensar la subida de la entropía propia, que dicta la Segunda Ley, recurriendo a otras fuentes de baja entropía”. Los animales, las plantas y el petróleo son las fuentes de las que se surte el hombre, por ahora, como eslabón

final de una cadena de baja entropía que empieza en el Sol.

#### El piso de las tormentas y el fuego del aire

El Sol es una concentración localizada de alta temperatura y baja entropía en un frío y desordenado mar espacial. Para beneficio de las formas terrícolas organizadas, el Sol provee radiación ordenada de baja entropía y la Tierra devuelve al entorno la forma más desordenada y entrópica de energía: el calor.

¿Cómo logra el Sol mantenerse desde hace miles de millones de años en esta situación? El juego entre el colapso gravitatorio, debido a su gran masa, y la fuerza expansiva de las reacciones term nucleares en su interior da por resultado una fuente, por ahora estable, de radiación de baja entropía. Penrose explica: “en

los mecanismos de concentración gravitatoria de gas interestelar difuso de materia, que forman estrellas tales como nuestro Sol, reside la respuesta al enigma de la baja entropía en el pasado y, en consecuencia, de nuestra Segunda Ley”.

Precisamente, el primer eslabón de la cadena de baja entropía que condicionó todo el devenir posterior de la naturaleza, incluido el hombre, es el gas difuso de los orígenes del universo. En otras palabras, todos los caminos por entender el origen de la Segunda Ley y la asimetría temporal conducen a los arrabales del conocimiento que desvelan hoy a muchos físicos. Algo así como el personaje borgeano de *Historia de la Eternidad*—el mismísimo Borges—, que busca certezas sobre el tiempo en “esas calles penúltimas” donde “el callejón, ya campeano, se desmoronaba hacia el Maldonado”. ■

\* Asistente de la Coordinación de los Laboratorios Básicos de Enseñanza del Departamento de Física, FCEyN.

## Los autores más destacados del pensamiento universal en Ariel y Crítica

Los mejores textos universitarios y de divulgación científica al alcance de todos



Grupo  Planeta [www.editorialplaneta.com.ar](http://www.editorialplaneta.com.ar)

Marcelino Cereijido

# A cara de perro

por Ricardo Cabrera

ricuti@qi.fcen.uba.ar Fotos: Juan Pablo Vittori

*Desde que se recibió de médico se dedicó a la investigación científica: fue discípulo de Bernardo Houssay y desarrolló –y lo sigue haciendo– una carrera brillante. También Marcelino Cereijido tuvo que emigrar como tantos otros. Pero él regresa, desde México, una y otra vez. A veces en persona, como ahora, aunque la mayor parte de las veces sólo nos llegan sus libros, que ya suman más de seis. En esta entrevista con EXACTAMENTE, las miradas descarnadas, las críticas feroces y los desafíos que lo caracterizan como uno de los nombres que más aporta al debate sobre la función de la ciencia.*

**–¿Qué lo trajo esta vez a la Argentina, Cereijido?**

–La Feria del Libro. Pero no me diga Cereijido. Dígame Pirincho, así me dicen todos. Asistí a la presentación de mi último libro, “La ignorancia debida”, y participé en una mesa redonda. Es que mi actividad científica tiene dos aspectos. Uno es la fisiología celular y molecular con la que me gano la vida, y otro es analizar la relación de la ciencia con la sociedad, en particular en la Argentina. Pero eso lo hago como un amateur; yo no soy sociólogo, ni historiador, ni analista político. Pero aun así encuentro cosas muy significativas. Yo me tuve que ir de este país por dedicarme a la ciencia. ¿Por qué tuve que irme, al igual que una gran cantidad de colegas? Porque acá, aunque haya una buena cantidad de científicos, no hay ciencia. Argentina es uno de los tantos países del Tercer Mundo que no tienen ciencia y que confunden la ciencia con la investigación.





***“Primero vino el politeísmo, después el monoteísmo, y el último modelo en ese evolucionar del pensamiento es la ciencia moderna. Argentina se ha quedado en el monoteísmo”.***

**-Ciencia a secas o investigación científica, ¿cuál es la diferencia?**

-Investigar es tomar algo que no se conoce, estudiarlo y explicarlo, mientras que la ciencia, antes que nada, es una manera de interpretar la realidad. ¿Qué manera es esa? La que surge de explicar los fenómenos sin recurrir a milagros, dogmas, revelaciones, ni al principio de autoridad. Por ejemplo, el señor Krebs podría haber dicho, tratando de explicar el ciclo que lleva su nombre: acá hay una enzima, acá hay otra, acá ocurre un milagro, después sigue otra enzima. ¡No, no! Si quien investiga no conoce la enzima, aceptamos su ignorancia, pero no aceptamos el milagro. Claro que el ideal sería que un científico sea investigador, y viceversa. Por ejemplo, si un farmacólogo desarrolla una droga que cura la lepra, el sida y el cáncer juntos, se dice que es un gran investigador; pero si el tipo piensa que el hombre fue creado a partir de un muñequito de barro y después salió la mujer de una de sus costillas, no necesariamente diríamos que es un científico. Y al revés: un señor puede ser un maravilloso interpretador de la realidad según la ciencia y ser un tipo que carece de toda originalidad y no puede ganarse la vida como investigador. La ciencia, como digo, no es más que el último modelo de las formas que tiene el hombre de interpretar la realidad. Había un momento en que se pensaba que los árboles crecían, o los patos nadaban, porque tenían alma; vino el politeísmo, después el monoteísmo, y el último modelo en ese evolucionar del pensamiento es la ciencia moderna. Argentina, lamentablemente, se ha quedado atrapada en el monoteísmo.

**-¿Usted no considera que la Argentina pueda aspirar a tener una universidad científica? ¿El intento del 55 al 66 no apuntó a ese objetivo?**

-Sí, pero llamó ciencia a la investigación. Formó muchos y excelentes investigadores pero no formó una mentalidad científica. La prueba está en que ninguno de los empresarios e industriales que salieron de esa universidad contó ni cuenta con la ciencia.



Crean y resuelven todo desde lo económico, y eso es lo que yo llamo la “patria bolichera”. Vos preguntás por qué la Argentina está como está y enseguida vas a encontrar tipos que te digan que es porque Roca firmó tal contrato, porque fulano subió el dólar cuando tendría que haberlo bajado. Incluso muchos epistemólogos parecen haber caído en esa burrada, porque para ellos el conocimiento parece no ser otra cosa que ignorancia financiada. No faltan los que dicen “mirá, ahora tenemos muchos problemas económicos, pero esperate que en cuanto estemos mejor ya vamos a apoyar a la ciencia”. A mí me parece una bestialidad: es lo mismo que si me dijeran “mirá, ahora no puedo porque tengo todas estas ecuaciones diferenciales que resolver, pero en cuanto termine, voy a estudiar a ver qué es eso de la matemática”. Te aseguro que esa persona no va a poder resolver ninguna ecuación. La Argentina no cuenta con el conocimiento para resolver nada. Esa es la desgracia de los países sin ciencia. Si a una sociedad le faltan alimentos, caminos, energía, y alguien pregunta cuál es el problema, la misma sociedad va a decir que el problema es que carece de tal o cual cosa. Pero cuando lo que falta es conocimiento, no puede darse cuenta de esa falta, esa falta sólo se detecta si hay conocimiento.

**-¡Upa! ¡Qué paradoja!**

-Pero eso pasa porque la formación que dio la universidad generó que la mayor parte de quienes pasaron por sus aulas hoy consideren que Suiza tiene científicos porque es rica, y no se les ocurre que es rica porque tiene científicos. Si fuera como creen ellos, los países más desarrollados en el conocimiento debería ser Qatar, Kuwait o alguno de esos emiratos árabes a los que les sale la guita por las orejas.

**-¿Cuál sería el lugar en el cual comenzar a generar ciencia?**

-En el libro "La ignorancia debida", propongo cosas positivas. Entre ellas, por ejemplo, que la universidad tiene que, en primer lugar, detectar la gente de mucha calidad. Y esto es porque el aparato más sofisticado, más adelantado y más maravilloso para hacer ciencia no es el espectrofotómetro, ni la sonda espacial, sino el cerebro. Pero siempre todo esto se encuentra condicionado por el hecho de que no existe una visión del mundo compatible con la ciencia.

*Una de las primeras escuelas de nutrición del mundo surgió acá en los años 20 o 30, pero la Argentina paga patentes para darle de comer a sus gallinas y a su ganado.*

**-Esto se escapa de las manos de la universidad.**

-Es totalmente cierto: todo el aparato educativo tiene que ser reconstruido para que la gente entienda cómo funciona la realidad. Yo conté el otro día en la Feria del Libro lo que pasó con Enrique. Resulta que, frente a mi laboratorio, en el Centro de Estudios Avanzados, había un taller mecánico fantástico, el taller "Enrique". Pero un día desapareció, y no sabíamos qué había pasado con Enrique. Varios meses después, tomo un taxi en la puerta del Centro y el chofer me saluda: "¿Qué tal doctor, tanto tiempo?". Era Enrique. Le pregunté por qué había dejado el taller y el tipo me dijo que ahora los autos venían con convertidor catalítico, computadora, y él ya no se podía ganar la vida como mecánico. Ese tipo no necesita ciencia de avanzada, pero él no sabe cómo funciona la realidad, en su caso, un coche. Y la realidad es que ya ni recoger y disponer de la basura urbana es independiente de la alta ciencia y tecnología.

**-¿Usted sugiere que las instituciones educativas están formando "Enriques"?**

-¡Claro que sí! Y pasa mucho con los médicos. La Argentina tiene una investigación clínica muy buena pero una investigación total biomédica muy pobre. Un ejemplo es que una de las primeras escuelas de nutrición del mundo fue la de Escudero, en los 20

o 30, y en este momento Argentina paga patentes para darle de comer a sus gallinas y a su ganado. Habiendo tenido un premio Nobel de química, Argentina paga patentes para suministrarle agua y sal a sus enfermos. Paga patentes para vacunar bichos. Es más, alguno podrá decir que faltan capitales. No es así; acá hubo empresas impresionantes que se vendieron por nada, y la defensa de la industria nacional estuvo siempre en manos de cada burro... Entonces yo pienso que la que tiene que hacer punta es la universidad. A cuántos chicos, a esa edad en que se cree todo, les cuentan aquello de "benditos son los que creen sin ver". Eso es justamente lo opuesto a lo que los científicos tenemos que enseñar. Eso que se les enseña a los argentinitos como un enorme mérito, eso es un estímulo para que se descienda más en el aparato cognitivo.

*Prohibir la enseñanza de la evolución deja de ser una cuestión ideológica porque estás perjudicando la salud de tu pueblo. De hecho, en nuestras universidades no se estudia evolución en las escuelas de medicina.*

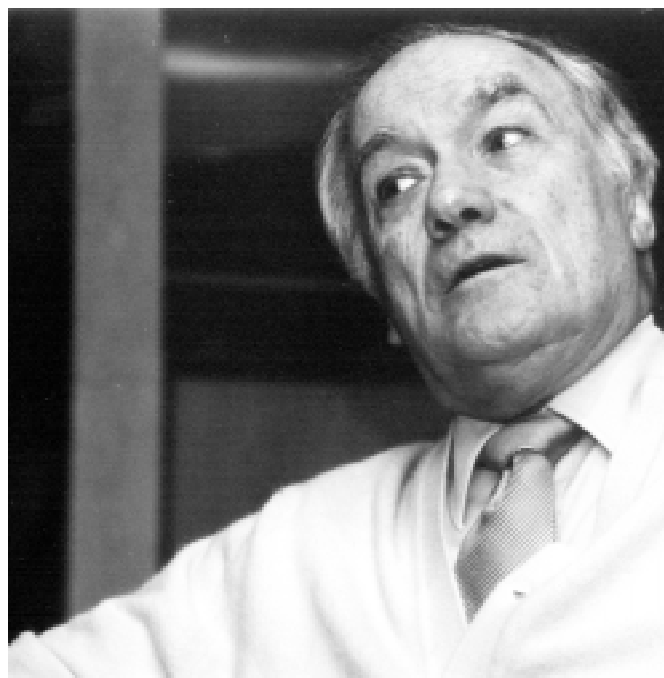


**-Pero, sin pertenecer a ninguna religión en particular, muchos dirigentes universitarios opinan que la investigación científica y la especulación escéptica son distracciones perniciosas para la formación profesional.**

-Si me tomo la libertad de creer que es un argumento honesto, puedo pensar que quienes opinan eso son absolutamente burros. Pongamos como ejemplo a un médico que atiende a un hipertenso. ¿Con qué lo va a curar? Con algo que una empresa farmacéutica le dijo que cura. Y, ¿quién hizo ese producto? ¿No le llama la atención que no saliera de un laboratorio argentino? Los profesionales excelentes no pueden no ser científicos. En un momento, a la Argentina intentaron venderle un reactor y los físicos argentinos dijeron: "No, eso contamina". Y no se compró. Bueno, eso no hubiera podido ocurrir en Madagascar o Zambia. Me parece que lo que ocurre es que durante 16 años la universidad se infiltró de ñoquis, gente que ha tergiversado el conocimiento para adecuarlo a su nivel mental y ético. Por ejemplo, en el período entre el 55 y 66, al ver que un profesor que tenía 60 años seguía enseñando cosas antiguas, se crearon las cátedras paralelas. La idea era que si un joven traía nuevo conocimiento arrasaría a los alumnos. Pero en este momento la cosa está funcionando al revés: a un tipo que está enseñando bien le ponen una cátedra paralela que regala la aprobación con sólo llevar cupones de supermercado.

**-Muchos académicos insisten en que la medicina no se trata de una ciencia, sino de un arte.**

-Decir eso es una brutalidad. Mirá, en este momento está surgiendo a toda velocidad la medicina evolucionista. El chiste es este: para que alguien pueda vomitar hacen falta nervios, músculos, sistema nervioso... millones de años de evolución. El reflejo



del vómito es incluso más viejo que el ser humano mismo; entonces, la medicina, hasta ahora, la medicina sintomática, te trata de cortar los vómitos en el caso de que los sufras. Y lo mismo sucede con la diarrea o con la tos. Ahora, supongan que los marcianos deciden ayudar a los terrestres, y ven un incendio, miran un rato y dicen: "Caray, no está bien que a un tipo se le encienda la casa y encima vengan otros tipos con mangueras y hachas y rompan las ventanas". Entonces se dedican solidariamente a matar bomberos, cortarles las mangueras, destruir las autobombas. ¡Momento! Yo sé que eso no es normal, el vómito, la tos, pero es parte de la defensa y no del ataque. Por ejemplo, un síndrome está hecho de signos y síntomas, entonces te daban una terapéutica para cada uno de ellos, y ¡momentito!, eso es parte del ataque o de la defensa, ¿es el bombero o son las llamas? Hoy día está cambiando todo eso. Para que esa medicina se pueda aplicar, hace falta enseñar evolución, ver por qué los bichos vomitan, qué genes son los que lo producen, qué secuencia tienen, cuándo aparecieron. Pero resulta que si prohibís la enseñanza de la evolución por una cuestión ideológica, deja de ser una cuestión ideológica porque estás perjudicando la salud de tu pueblo. De hecho, en nuestras universidades no se estudia evolución en las escuelas de medicina, y es por una cuestión ideológica. Lo que hasta hace pocos años era sólo una cuestión ideológica, qué sé yo; a vos no te molestaba, a nadie le molestaba en la calle que el universo, en vez de tener 15 mil millones de años tuviera los seis mil que salen sumando las edades de los personajes de la Biblia, perfecto, vos creías una cosa, yo creía otra. Pero esto ya no es así, porque para curar a la gente hace falta saber evolución. Hay que cambiar los programas educativos.



*Al gobierno argentino jamás, ni en el momento más negro de la última crisis, se le ocurrió plantearles los problemas a sus universidades.*

**-Los Estados Unidos, el país líder del Primer Mundo, también tiene un pueblo y un presidente oscurantistas.**

-Yo creo que la sociedad argentina no tiene una ética tan terrible como la del pueblo estadounidense; pero sucede que cuando tienen un problema, por ejemplo, bélico, se lo confían a la ciencia y crean una tecnología increíble, que, con el tiempo puede generar, por ejemplo, Internet. Si tienen un problema de salud, ponen grandes cantidades de guita y se la confían a las universidades e institutos. Si tienen un problema agrario, climático, energético, siempre llaman al conocimiento. Es cierto que el pueblo norteamericano sufre un analfabetismo científico espantoso, casi tan malo como el argentino. De hecho, sólo basta ver televisión en los Estados Unidos los domingos a la mañana para darse cuenta de que todos los canales pertenecen a algún tele-evangelista. Pero la diferencia está en que ellos no tienen lo que se llama analfabetismo científico de estado. O sea, al gobierno argentino jamás, ni en el momento más negro de la última crisis, se le ocurrió plantearles nada a sus universidades. No hay nada importante que haga o deje de hacer Francia, Alemania, Inglaterra, que no se lo confíe a su ciencia. En cambio, yo diría que no hay nada de gravedad en la Argentina que el gobierno se lo encomiende a la ciencia.

**-Entonces, ¿también se trata de una cuestión dirigencial?**

-Y lo mismo sucede con el empresariado: a un empresario de los países centrales ni se le pasaría por la cabeza ignorar a la ciencia, mientras que en la Argentina, al contrario, ni se le pasaría por la cabeza contar con la ciencia. Pero los dirigentes salen del pueblo. Y en estos días veo con mucho dolor a mi ídolo, Maradona, en situación de riesgo, y veo que le han puesto ahí adelante altares, y rezan. Pero, pared de por medio, están los tipos que le tratan de salvar la vida con drogas, técnicas, recursos tecnológicos, donde no interviene ninguna variable mística.

**-Volviendo a la evolución, ¿qué le parece la sociobiología?**

-Una maravilla.

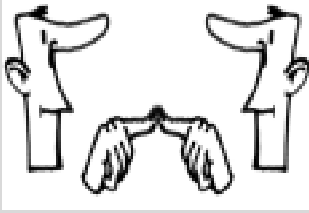
**-Hasta en los círculos más cultos de la Argentina, la sociobiología es fuertemente cuestionada y resistida.**

-Pero, ¡la gran puta! Es parte del analfabetismo científico de los argentinos. Sus humanistas son muy subdesarrollados; en general, para ellos la ciencia empezó con los griegos, los egipcios, los



sumerios. Bueno, ya llegaron tarde, desde hace más de 300 mil años los humanos basan su supervivencia en el conocimiento. Para comprender las raíces hay que entender la evolución. Quienes resisten esto, en algún sentido, son hijos del modelo místico porque, de acuerdo con el modelo místico, el cuerpo está separado del alma, y el hombre fue creado hace seis mil años a partir de un muñequito de barro al que soplaron. Pero la realidad no es así, la visión científica de cómo madura el ser humano, de dónde sale, para qué se usa el conocimiento, y todo lo demás, es otra... Toda nuestra conducta está modelada por una evolución que esa gente no entiende, ni entiende ni se la plantea. Entonces, son creacionistas. Y la forma en que se defienden es muy pueril, porque dicen, por ejemplo, que la sexualidad es una elección, que la cultura hace que el hombre tenga una sexualidad así o asá, etcétera. Entonces, la sociobiología contrapone argumentos, trae toda la evolución en apoyo de lo que va a explicar, y sorprendentemente ellos te acusan de racista y te argumentan con que Hitler esterilizaba a los idiotas, y que los norteamericanos discriminan a los negros. Entonces, yo suelo contestarles: "Sí, es cierto, mi tía tenía un colchón azul y tocaba la guitarra". Lo que pasa es que quieren marcar su territorio afirmando que el humano es el rey de la creación y creo que están continuando con un modelo teológico. ■

## ¿Los gemelos tienen las mismas huellas digitales?



Contrariamente a lo que podría pensarse, las huellas digitales no son iguales en los hermanos gemelos, mientras que sí tienen idénticas huellas genéticas. Y esto es muy importante por sus consecuencias forenses. Es decir, si un gemelo comete un asesinato y se efectúa el análisis del ADN de un pelo dejado en la escena del crimen, su hermano gemelo puede

Responde Daniel Corach, director del Servicio de Huellas Digitales Genéticas, profesor de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UBA e investigador del Conicet.

llegar a ser condenado injustamente. Sólo se puede llegar a la verdad mediante la determinación de las huellas digitales.

Pero, ¿por qué son distintas, si los genes son los mismos? Lo que sucede es que, a pesar de que ambos embriones proceden de una misma célula o cigoto, y que se desarrollan en un mismo medio, hay pequeñas fluctuaciones que van a incidir en el diseño de las huellas dactilares. No obstante, las huellas digitales

de los gemelos son mucho más parecidas entre sí que las de dos hermanos no gemelos, por ejemplo.

No se sabe aún cuántos genes están involucrados en la formación de las huellas digitales, como así tampoco se conocen los involucrados en la determinación de la morfología del rostro. La realidad es que somos el resultado de un conjunto de interacciones entre los genes y el medio ambiente.



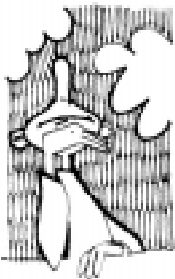
## ¿Por qué, a veces, cuando tocamos a una persona o un objeto sentimos una descarga eléctrica?

Responde Guillermo Mattei, asistente de coordinación de los Laboratorios Básicos de Enseñanza de la Física del Departamento de Física, FCEyN.

Podemos decir que los componentes de todas las cosas son los átomos. Cada átomo posee igual número de electrones con carga eléctrica negativa que protones con carga eléctrica positiva. En este sentido, los objetos de la vida diaria normalmente son eléctricamente neutros. Sin embargo, dado que los electrones suelen andar por la parte exterior de los cuerpos, muchas veces sucede que durante la

acción mecánica de frotar dos superficies se arrancan algunos electrones dejando a un cuerpo con menos cargas negativas y al otro con un pequeño exceso de carga. Esto se llama triboelectricidad o –en forma más coloquial– estática. ¿Cuántos electrones se pasan de bando? Depende de los materiales. ¿Siempre ocurre? No, sucede cuando hay muy poca humedad ambiente. En muchas ocasiones este fenómeno

va acompañado de chasquidos y destellos. El pasaje de las cargas de un cuerpo a otro vuelve conductor al aire. En este proceso, el calor producido por el pasaje de las cargas calienta el aire, lo expande y da lugar a ondas sonoras. Por su parte, la recombinación de las cargas de diferente signo en el aire es un proceso en el que se pierde energía en forma de luz azulada o violácea.



## ¿Por qué el cielo diurno es azul?

Responde Gloria Dubner. Es investigadora del Conicet y trabaja en el Instituto de Astronomía y Física del Espacio.

La luz que nos llega del Sol contiene todos los colores del espectro visible, desde el extremo azul-violeta, con longitudes de onda cortas, hasta el extremo naranja-rojo, con longitudes de onda largas. Cuando la luz atraviesa la atmósfera, se dispersa por el choque con las moléculas que encuentra a su paso. Por el gran con-

tenido de moléculas de oxígeno y nitrógeno de la atmósfera terrestre, la luz que más se dispersa es la de menor longitud de onda; o sea, el azul y el violeta (este último no lo percibimos por la baja respuesta del ojo humano a esas longitudes de onda). La luz azul se dispersa diez veces más que la luz roja, por lo tanto la vemos en cualquier dirección del cielo. Cuanto más limpia esté la atmósfera, llega luz de color azul más puro, tal

como vemos en las montañas.

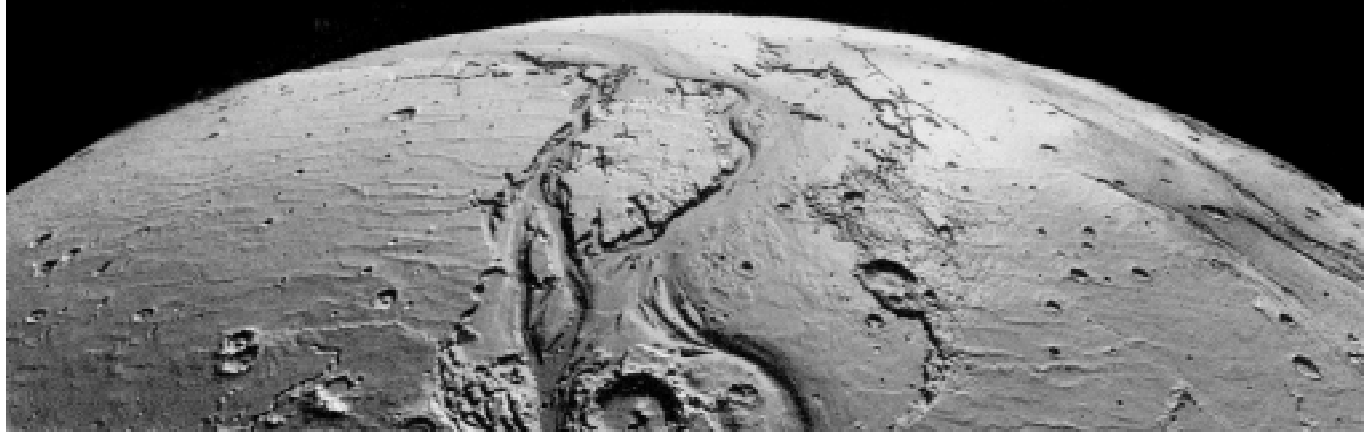
Al atardecer o al amanecer, como la luz atraviesa una distancia más larga dentro de la atmósfera, el componente azul es dispersado, y llega sólo la luz roja y amarilla. En los desiertos, con partículas gruesas de arena en suspensión, o en el mar, con vapor salino, la luz roja se dispersa más, dando ese color rojo característico de los atardeceres y amaneceres.

La última misión al planeta vecino

# Marte al rojo ¿vivo?

por Cecilia Draghi  
cdraghi@bl.fcen.uba.ar

*La literatura fantástica destinó miles de páginas de vibrante emoción al planeta más cercano a la Tierra, el cine no se quedó atrás en espectacularidad y hasta la radio con Orson Welles en el micrófono conmovió con su relato de una invasión marciana. Pero esta vez, la historia la escribe la ciencia.*



Si se superan no pocos obstáculos, en 15 años Marte podría recibir la visita de criaturas que no alcanzan los dos metros de alto, vestidos con ampulosos atuendos y escafandras que no dejan ver el rostro. No serían de piel verde, sino, a lo sumo, amarillos, negros o blancos; y no tendrían una trompeta por nariz, aunque, por cierto, algunas formas pueden resultar verdaderamente llamativas. Es que el hombre prepara sus petates para dar los primeros pasos por el planeta vecino más próximo. Precisamente para tantear el terreno, ha mandado complejos aparatos que hacen las veces de adelantados del siglo XXI.

Apenas despuntado el 2004, el suelo marciano cuenta con un curioso enviado terrícola, Spirit, un robot geológico que viajó casi 500 millones de kilómetros durante siete meses hasta lograr posar sus 174 kilos de tecnología de última generación en el gigantesco cráter Gusev de 160 kilómetros de diámetro sembrados de piedras. Su gemelo, el explorador Opportunity, por ese entonces iba en camino y llegaría tres semanas más tarde para amartizar en las antípodas del anterior, en Terra Meri-

diani, un sitio notablemente llano y protegido de los vientos que suelen azotar al planeta rojo formando tormentas de polvo de proporciones tales como para oscurecer la superficie durante meses.

Ambas naves mellizas fueron construidas por la agencia espacial norteamericana, NASA, con la clara misión de realizar sondeos geológicos en búsqueda de un líquido tan preciado como escurridizo: el agua, fundamental para la existencia de vida. “Encontramos huellas en Marte que sugieren que hubo mucha agua fluyendo libremente. Esta es la primera evidencia concluyente de la teoría que señala condiciones atmosféricas muy diferentes a las actuales en ese planeta”, aseguró Sean O’Keefe, director general de la Administración Nacional de Aeronáutica y Espacio de Estados Unidos, en una reciente visita a Buenos Aires. Ya había indicios de que existía hielo en forma subterránea o en los casquetes polares, pero faltaban evidencias de que alguna vez había fluído agua por la superficie.

Si bien hoy Marte resulta un lugar poco acogedor, de aspecto desértico parecido

al de la Luna, con temperaturas promedio de 63 grados bajo cero y mínimas de -140 ° C, así como una atmósfera poco densa e irrespirable conformada en un 95 por ciento por dióxido de carbono, en el pasado habría lucido distinto y con vestigios de agua –se habla de un mar– que podrían haber albergado vida, aunque todavía no se han detectado signos contundentes en este sentido. Precisamente, tras el rastreo de señales vitales había partido en junio de 2003 una misión europea, con una sonda de descenso bautizada *Beagle 2*. ¿Su objetivo? Buscar en el planeta rojo evidencias químicas de vida. En la última Navidad, Beagle desembarcó cerca del ecuador marciano. Pero luego perdió contacto con la Tierra. Una misión fallida que se suma a muchas (el 62 por ciento de las enviadas fracasaron), y hasta llevó a pensar en una verdadera “maldición marciana”.

## SPIRIT Y OPPORTUNITY

Programados para moverse por Marte con un laboratorio a cuestas durante varios meses, Spirit y Opportunity no sólo



husmean en recónditos rincones sino que toman fotos de nitidez asombrosa y analizan muestras para enviar los datos a la Tierra, que de este modo siente arañar el planeta rojo. Son robots que hacen geología de campo, define quien está a cargo de esta sofisticada parafernalia tecnológica, el doctor Steve Squyres, profesor de astronomía de la Universidad de Cornell. “Cuentan con cámara color y un equipo infrarrojo que puede clasificar a distancia el objeto a analizar. Una vez elegida la roca, el brazo robótico despliega sus herramientas: un microscopio, dos instrumentos para identificar la composición y una amoladora que esculpe hasta obtener una muestra del interior de la roca”, señala. De este modo pone al desnudo información sobre la historia planetaria atrapada en sedimentos y así permite seguir la llamada “ruta del agua”.

Con un itinerario de casi un kilómetro a escudriñar, estas naves, movidas a pilas y por energía solar, multiplican por diez el área recorrida por el primer *rover* en visitar Marte, Sojourner. Con ruedas que les permiten trepar los obstáculos, en vez de dar vueltas a la redonda para esquivarlos, estos aparatos desplegaron todas sus virtudes tras ‘aterrizar’ protegidos por unos globos amortiguadores al mejor estilo *air bags*, que le permitieron rebotar casi un kilómetro hasta por fin detenerse exactamente en los lugares elegidos por la NASA. Un argentino, Miguel San Martín, participó en el control de este amartizaje, como ya lo había hecho en 1997 con la anterior nave exploradora Mars Pathfinder.

Tras cursar el industrial en el Pío Nono de Buenos Aires, y seguir en Estados Unidos una meteórica carrera, San Martín llegó al Jet Propulsion Laboratory Autonomy and Control Section de la Nasa con sede en Pasadena. “Mi rol en Pathfinder y en estos rovers se centró en su guiado y control durante el viaje, el descenso y en la

superficie marciana”, describe. Y no fueron pocos los inconvenientes a enfrentar durante los tres años de intensos preparativos antes de la partida. Un problema era cómo orientarse en Marte sin brújula, porque no hay campo magnético. “Tras mucho pensar se decidió utilizar la cámara de fotos científica. Esta busca el sol, y este dato se incorpora a un modelo de sistema solar que según su ubicación permite determinar dónde está el norte. Y así apuntar las antenas hacia la Tierra”, relata quien tuvo a su cargo desarrollar este sistema, así como controlar las naves durante el amartizaje (ver recuadro “Los seis minutos de terror”).

Otro compatriota, Patricio Figueredo, graduado en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires (FCEyN-UBA), actualmente en Estados Unidos, también colaboró desde el grupo de geología planetaria en Arizona State University en la caracterización del sitio de amartizaje en el cráter Gusev para el *rover* Spirit.

“Los hallazgos de Opportunity en la región Meridiani Planum fueron inesperados y revelan un ambiente distinto a los explorados hasta ahora en misiones pasadas. Mientras el resto de los sitios visitados estaban dominados por rocas volcánicas, Meridiani parece ser un ambiente sedimentario, con procesos, formas y minerales nunca antes observados en Marte”, destaca Figueredo, y agrega: “Los resultados sugieren que en esta zona hubo una cantidad significativa de agua líquida que fue evaporándose gradualmente, depositando una sucesión de minerales (los menos solubles primero, lo que explicaría la presencia de bromo y azufre) parecida a las secuencias evaporíticas características de los salares terrestres”, compara.

#### “SIGAN AL AGUA”

Tras evaluar 155 pistas de posible amartizaje, la NASA se decidió por Gusev

porque parecía ser un gran lago que se secó gradualmente, y por Meridiani, zona rica en hematita cristalina, un mineral que en general se forma en presencia de agua. En sendos lugares había probabilidad de detectar rastros del líquido tan preciado.

“Esta misión –evalúa el geólogo Figueredo– está demostrando el éxito de la estrategia y criterios usados al seleccionar los sitios de aterrizaje de las sondas. No sólo ambas se posaron sin inconvenientes, sino que han probado ser sitios seguros y de alto impacto científico”. Además, este investigador no obvia otro aspecto llamativo: “Estamos viendo cómo dos sondas idénticas pueden obtener resultados diferentes (en cantidad y relevancia al problema bajo investigación) de acuerdo a qué tan interesante es el sitio donde aterrizan”.

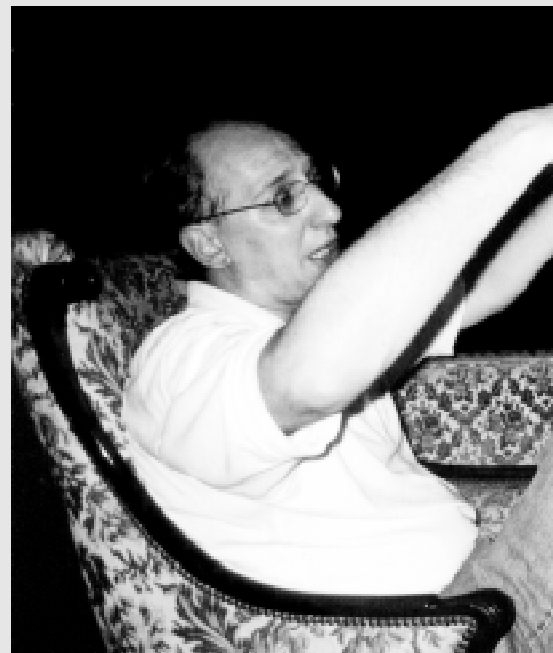
Como él mismo señala, la Nasa diseña y decide sus misiones bajo la premisa “Sigan al agua”. “Es que de los ingredientes esenciales para la vida –como la materia orgánica o las fuentes de energía– el agua líquida es la más elusiva y difícil de generar y preservar”, indica.

En este sentido, la bióloga Beatriz Aguirre Urreta de FCEyN-UBA, enfatiza: “Si bien agua no es sinónimo de vida, resulta imprescindible su presencia para que haya alguna probabilidad de existencia”. Este concepto era diferente tiempo atrás, según historia. “Antes se consideraba que se requería determinada presión o temperatura para que la vida fuera posible. Hoy estos requisitos han ido cayendo porque se han descubierto diversos organismos llamados extremófilos que viven en condiciones extremas, donde se suponía que no podían hacerlo”. Y menciona ejemplos, como bacterias capaces de aguantar el hielo de la Antártida, ubicadas en poros de los sedimentos a miles de metros de profundidad. “Cuando se habla de agua, no es necesario un mar, pequeñas gotitas bastan para la vida”, señala, hacien-

«LOS SEIS MINUTOS DE TERROR»



Este San Martín no cruzó los Andes, sino que fue protagonista de otra proeza: la de guiar las tres naves espaciales que con éxito se posaron en Marte



do hincapié en que, a su criterio, es posible la vida en Marte, “seguramente se trataría de microorganismos. No habría que pensar en estructuras complejas”.

Si hubo o hay vida en Marte sigue siendo la pregunta del millón, y responderla cuesta también cifras astronómicas. Tan sólo la misión de Spirit y Opportunity llevó a desembolsar alrededor de 820 millones de dólares.

### ¿ESTAMOS SOLOS?

La posibilidad de vida en Marte siempre estuvo latente. Ya en 1877, el astrónomo italiano Giovanni Schiaparelli reivindicó haber visto un sistema de canales en todo lo ancho del planeta. Otro tanto, aseguró divisar, años más tarde, el norteamericano Percival Lowell y estimó que significaba la prueba de que una civilización inteligente se había esforzado por construir un sistema de irrigación ante una superficie que se estaba secando.

Por ese entonces, la única observación posible era desde la Tierra con telescopio. Recién en 1965, la sonda Mariner 4 reveló la presencia de cráteres parecidos al paisaje lunar.

“El hemisferio sur marciano exhibe numerosos cráteres de meteoritos que dan cuenta de un intenso bombardeo en el pasado. Estos, en tanto, no se observan en la región norte debido a los múltiples procesos geológicos que actuaron posteriormente”, sugiere Mauro Spagnuolo, que

en los últimos tiempos. La Nasa lo eligió en 1997 para desarrollar los programas de computación de Pathfinder, y volvió a confiar en él para Spirit y Opportunity. De vacaciones en Buenos Aires junto con su mujer Susan y sus dos hijas, Miguel San Martín hizo un alto en su descanso y recibió a EXACTAMENTE. La inocultable pasión de este ingeniero aeroespacial por su quehacer es relatada con énfasis en un castellano con acento americano. Es que este rionegrino, tras cursar el secundario en Buenos Aires, partió a Estados Unidos. Allí obtuvo su título «bachelor» en la Universidad de Syracuse. Después vino la beca en el Massachusetts Institute of Technology y la NASA.

De chico ya sabía su vocación. “Crecí con el programa espacial. Lo seguía muy de cerca”, relata. “En aquel entonces –sonríe– mi lectura era la revista Mecánica Popular. Ahí apareció un artículo sobre un diseño distinto para el sistema de descenso de la Viking (la nave anterior a la Pathfinder), que consistía en muchas toberas para repartir el flujo y no despararramar polvo”. Pasaron varios años hasta que finalmente esa misión partió y ‘amartizó’ con éxito. “Lo que nunca imaginé –confiesa– es que la próxima vez que intentáramos bajar a Marte me tocaría participar”.

Tras hacerlo con Pathfinder, repetiría la hazaña con Spirit y Opportunity. En todos los casos, el sistema de descenso de-

bía ser económico y efectivo: de 18.000 kilómetros por hora de velocidad había que detener la nave y posarla sobre el suelo marciano cuidando el valioso instrumental. Un paracaídas y un sistema de globos, al estilo *air bags*, intentarían amortiguar esta difícil instancia. “Pathfinder era del tamaño de un microondas, –compara– en tanto, estos rovers miden 1,5 metro de alto y son diez veces más pesados”.

Jornadas maratónicas, y muchos inconvenientes; además, una oscura sombra: las misiones de 1999 a Marte habían fracasado de modo casi humillante. Una de ellas, por un error en la conversión de medidas inglesas a métricas.

Con toda esta presión, llega el momento de la partida, primero Spirit, y semanas más tarde, Opportunity.

¿Cómo se vive el despegue?

–Se va el hijo.

Desde el lanzamiento hasta la puesta en el espacio hay un lapso en que las comunicaciones se interrumpen. “La información deja de fluir, y uno se plantea ¿volveré a ver algo? Porque uno piensa todo lo que debe ocurrir hasta que vuelvan a aparecer los maravillosos números en la pantalla. Tras una hora y media o un poco más de espera vuel-



ven a jugar los números, uno resucita y debe ponerse en acción", relata. Quedaban siete meses de viaje por delante en que debía guiar la nave y corregir la trayectoria en caso de ser necesario. No faltó una tormenta solar que afectó temporariamente el sensor de estrellas de una de las naves.

Finalmente, llegó el día de amortizaje de Spirit. "Estábamos muertos de miedo. No podíamos fracasar, la presión era muy grande", dice. No faltaba nada, tampoco cábalas. Gran parte del equipo se reunió a las 10 a desayunar en un restaurant árabe "para darnos fuerza". El gran momento estaba previsto para las 20. Restaba una decisión más, si se hacía o no la última corrección a la trayectoria. "La navegación estaba funcionando al pelo. Ibamos a donde queríamos ir", dice. Acordaron, entonces, no hacer cambios.

La cuenta regresiva se respiraba en el panel de control un par de horas antes. "Se acerca el momento crucial. Comienza a llegar gente de Washington, el jefe de la Nasa, un senador por acá, otro por allá. La presión es enorme. A esa altura, la nave se alinea con la dirección para entrar, es como una persona que se tira al agua y debe poner la nariz con la dirección correspondiente",

gráfica. A último momento, una de las maniobras debió hacerse sin el instrumental originalmente planeado, sino con otro con el cual no se tenía mucha práctica. "Si eso fracasaba era una vergüenza total", insiste. "Esta etapa se superó faltando quince minutos del descenso. En el centro de control hay como costumbre pasar una canción relacionada con el tema en cuestión. En ese momento, el director del vuelo puso: 'Don't worry, be happy'. Fue un alivio, pero igual la adrenalina estaba a mil".

Los primeros escollos parecían superados, pero "vienen los llamados seis minutos de terror. Silencio total. El paracaídas se abre, enseguida suenan aplausos. Luego se anuncia que el radar ha visto la superficie marciana. Esta es una etapa crítica porque es como si, en un auto a una velocidad de 240 kilómetros por hora, se aprietan los frenos 120 metros antes de dar contra una pared y se logra detenerlo diez metros antes del cemento. El timing debe ser perfecto", indica.

San Martín hizo parte del software de guiado y control de la nave que determina el momento exacto para abrir el paracaídas, inflar las bolsas de aire y prender los motores retrocohetes. Todo esto debe tener lugar en apenas una fracción de segundos.

"Se oye la señal que indica el rebote de la nave sobre suelo marciano. Entonces el centro de control explotó en aplausos, abrazos y lágrimas". En plena fiesta, escuchan: "Perdimos señal". Esto podía implicar que en los siguientes rebotes la nave hubiera caído justo en una roca puntiaguda y hubiera sido destruida. Silencio total nuevamente en la sala. "Pasa un minuto, dos, tres, cuatro... hasta que, luego de diez minutos, aparece la señal y ahí sí, la gran celebración", recuerda.



trabaja en una tesis sobre comparación tectónica entre la Tierra y Marte. Precisamente, en el hemisferio norte se halla el Monte Olimpus de 25 kilómetros de alto y 600 kilómetros de diámetro, uno de los volcanes más grandes conocidos en el sistema solar, hoy inactivo.

Mientras Spirit y Opportunity seguirán brindando mayores detalles geológicos desde el terreno del planeta rojo, los orbitadores enviarán datos desde las alturas. Según proyectos de la NASA, una de las misiones previstas para el 2005 es Mars Reconnaissance Orbiter, que contará con una cámara capaz de registrar detalles de hasta 30 centímetros. Otro, muy ambicioso, proyectado para el 2009, es Mars Telecommunications Orbiter, que sería la primera en aportar servicios de comunicación a otras misiones. Para 2013, los robots recolectarán muestras de roca y las traerán a casa, la Tierra, para su pormenorizado estudio.

Por cierto, el futuro muestra una agenda cargada de expediciones. Atrás quedó, y para la anécdota, el fenómeno ocurrido en 1938 cuando Orson Welles difundió una novela radiofónica basada en el clásico de ciencia ficción "La guerra de los mundos", que provocó escenas de pánico entre algunos norteamericanos al creer la llegada de marcianos a la Tierra. Pero esta fantasía podría tener, menos de cien años después, su contracara en la realidad: el arribo del hombre al planeta rojo. Según el titular de la NASA, en quince años, si se superan desafíos vinculados a cuestiones técnicas y de fisiología humana, sería posible observar a astronautas caminar por Marte... ya no fruto de la ciencia ficción, sino de la ciencia pura. ■

¿Una solución para el efecto invernadero?

# Sembrar el mar *con hierro*

por Adriana Vescovo\*  
amvg@arnet.com.ar

*Varias organizaciones no gubernamentales de los EE.UU. sostienen que fertilizar los océanos con hierro podría ser la forma más barata de frenar el aumento del efecto invernadero. Organismos internacionales, profesionales y científicos se muestran cautos y alertan sobre los posibles efectos secundarios. ¿Cuál es la relación entre el hierro y el sistema climático?*

La fotografía del artículo aparecido en *Nature* es elocuente: un grueso mástil de madera, un hombre al timón de rueda y una flameante bandera estadounidense. Atrás, una estela roja zigzaguea sobre la superficie del mar azul. El hombre al timón es Russ George, un consultor de negocios y fundador de Planktos, una organización no gubernamental con base en California. La nave es una antigua embarcación de cien años que Russ le pidió prestada a su amigo y estrella del rock canadiense Neil Young, para probar su teoría. Después de navegar hasta las Islas Hawaii, George y su tripulación vertieron en el mar un líquido rojo oscuro. Pocos días más tarde, y como respuesta a tan generoso abono de mineral de hierro disuelto, este improvisado jardín oceánico entregó una repentina floración de fitoplancton.

Varios meses después de aparecida la nota, la propuesta de asociaciones como Planktos Foundation y Green Sea Venture, ésta en Virginia, sigue aún en vigencia.

Es importante recordar que, a similitud de los prados terrestres, el plancton vegetal marino capta la energía solar para transformar –a través de pigmentos como la clorofila– compuestos inorgánicos en

materia viva. La producción primaria de las aguas marinas dependerá entonces de tres factores fundamentales: la luz, los pigmentos que permiten absorber la energía lumínica y las sustancias nutritivas como el fósforo, el nitrógeno y el hierro.

En teoría, la propuesta no parece complicada: fertilizar los océanos con sulfato de hierro conduciría a un aumento del volumen de fitoplancton que, gracias a la fotosíntesis, absorbería gran parte del exceso de dióxido de carbono, principal causante del calentamiento global. Una suerte de antipirético que permitiría bajarle la temperatura al planeta mediante la simple multiplicación de un proceso natural. ¿Por qué no cobrar por el aporte de tan brillante solución?

Pero un amplio espectro de profesionales y científicos coinciden en que, en la práctica, el asunto no es tan sencillo. Desde el punto de vista económico, el Protocolo de Kyoto, que define mecanismos de flexibilización para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, no contempla la capacidad potencial de los océanos para secuestrar el dióxido de carbono. En consecuencia, no queda claro, al menos por el momento, su posible inclusión como metodología que permitiría obte-



### ¿Cuánto cuesta una tonelada de carbono?

Partiendo de una situación de base diferenciada por responsabilidades y escenarios particulares, Kyoto reconoció ciertos volúmenes de emisión permitida a un grupo determinado de países. Así, la negociación de emisiones permite a una parte exceder el volumen de emisiones asignado, comprando lo que otra parte redujo por debajo de su propia asignación. Pero, ¿dónde funciona el mercado de carbono? ¿cómo se forma el precio de este nuevo commodity postmoderno? Juan Rodrigo Walsh, que actualmente se desempeña como consultor en esta actividad, responde: “El mercado mundial del carbono es aún incipiente”. Walsh, conocido por su trayectoria en la Fundación Ambiente y Recursos Naturales (FARN), explica que “los participantes de estas transacciones son empresas, organizaciones, países, bloques de naciones. El precio del carbono –afirma– ha surgido de negociaciones en las que participaron, por ejemplo, el gobierno holandés, el Banco Mundial, el mercado del Reino Unido, y el mercado europeo, con valores que han fluctuado entre 2,5 y 3 dólares la tonelada”.

ner créditos de carbono, dentro de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático y su Protocolo. Por otra parte, la opinión unánime de los científicos es que se trata de un tema complejo, que debe ser tratado en forma interdisciplinaria a fin de evaluar sus consecuencias sobre el medio ambiente global.

***En 1990, el Panel Intergubernamental de Cambio Climático declaró como oficial la influencia de las actividades humanas en el aumento de la temperatura global.***

Sin embargo, y más allá de estas propuestas, el buque oceanográfico Polarstern, del Instituto Alfred Wegener de Alemania, ha finalizado en estos días su octavo experimento de fertilización en aguas del Océano Atlántico Sur. Es que, desde que John Martin lanzara su hipótesis en 1970, el efecto fertilizante del hierro en los océanos y su influencia sobre el sistema climático está acaparando cada vez más la atención de la ciencia.

### **¿Qué hacer con el carbono excedente?**

En 1990 y con la participación de casi cuatrocientos de los científicos más destacados del mundo, el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) declaró como oficial y virtualmente cierta la influencia de las actividades humanas en el actual aumento de la temperatura global. Desde entonces, las también acaloradas discusiones mundiales siguen girando en torno a dos cuestiones básicas: cómo lograr imponer las políticas para limitar las emisiones de gases de efecto invernadero y qué hacer con el exceso de dióxido de carbono mientras esto no se logre.

La tercera posibilidad es aplicable a los países no Anexo I –países en desarrollo–. Ellos pueden originar proyectos mediante los cuales se comprometen a reducir sus emisiones en beneficio de un país Anexo I, y éste financia proyectos de desarrollo para beneficio del país oferente. Es el denominado “Mecanismo de Desarrollo Limpio” (MDL).

Las soluciones radicales se basan en el uso de tecnologías más limpias. Pero, ante la urgencia de resolver el tema, surgieron propuestas tendientes a capturar los volúmenes de gases excedentes. Las tecnologías de secuestro son variadas: incluyen su inyección en el fondo del mar, en antiguos pozos de petróleo o utilizando el proceso natural de absorción de dióxido de carbono a través de la fotosíntesis, mediante proyectos de forestación o reforestación.

El Protocolo de Kyoto, aún no vigente, propone un marco regulatorio para estas opciones. “Se proponen tres mecanismos para solucionar el problema de las emisiones. Dos de ellos se aplican a los países del Anexo I, que son los que asu-

mieron la responsabilidad por el comienzo de la contaminación general de la atmósfera, al inicio de la Era Industrial”, explica el doctor Osvaldo Canziani, Co-Presidente de Grupo de Trabajo II del IPCC, uno de los tres grupos de expertos del Panel, que se ocupa de la vulnerabilidad, impactos y adaptación al cambio climático. Para evitar el incremento de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, un país del Anexo I puede reducir sus emisiones y negociar con otro país que no pueda lograr reducción alguna y contamine más que lo permitido en los niveles de referencia –mantener sus emisiones cinco por ciento por debajo de las registradas en 1990–.

***Ya sea dentro o fuera del marco del Protocolo, científicos y técnicos buscan más espacios donde almacenar el dióxido de carbono sobrante.***

“La Conferencia de las Partes de Milán, a fines de 2003, incluyó en el MDL el uso de bosques implantados como recurso para secuestrar carbono mediante fotosíntesis”, prosigue Canziani. Estos tres mecanismos no logran estabilizar la concentración de gases de efecto invernadero. Por ello, la importancia relativa de otros métodos de secuestro de dióxido de carbono. “La digestión de este gas por algas unicelulares sería un mecanismo adicional, aunque no se lo incluye en el Protocolo-

lo, que define la medición normalizada y certificada del secuestro, para poder llevar una contabilidad precisa y comparable”, detalla el investigador.

Pero mientras las soluciones drásticas están lejos de llevarse a la práctica y Kyoto continúa a la espera de la firma de EE.UU., Rusia y Australia, los desórdenes climáticos siguen provocando estragos económicos, sociales y ambientales de enormes magnitudes. Y la cuestión se vuelve cada día más apremiante: ¿qué hacer con el dióxido de carbono excedente?

Ya sea dentro o fuera del marco del

#### Fertilización natural en el Océano Atlántico Sur

“Como teoría es excelente, pero en la práctica podría ser bastante riesgoso al provocar un desequilibrio en el ecosistema. Es necesario hacer una evaluación junto con expertos de otras disciplinas”, afirma con entusiasmo Diego Gaiero, doctor en geología e investigador del Conicet en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad de Córdoba. Pero consultado sobre la importancia del tema, no duda en exclamar: “¡Es muy interesante!” Y sabe por qué lo dice: ha obtenido un subsidio del Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Climático (IAI, por sus siglas en inglés) para desarrollar un trabajo conjunto con investigadores de los EE.UU. y Brasil, cuyo objetivo es averiguar el potencial de la fertilización con hierro y su impacto sobre el clima. Gaiero recalca aún más la vigencia del tema recordando la frase de John Martin: “Denme un tanque de hierro y les devolveré una era glacial”, con la que el oceanógrafo estadounidense resumió dramáticamente el impacto que este mineral podría significar en el sistema climático.

Protocolo, científicos y técnicos buscan más espacios donde almacenar el dióxido de carbono sobrante. Y los mares y océanos constituyen una frontera disponible. Es en este escenario acuciante que organizaciones como Planktos Foundation y Green Venture creen encontrar un mercado donde vender su propuesta de fertilización.

#### Una idea con base científica

Aunque la idea puede resultar extravagante aun para el más hábil jardinero terrestre, la teoría sobre la que se apoya no es nueva. El pri-

mero en insinuar el posible nexo entre el hierro y el fitoplancton marino fue el oceanógrafo John Martin, en 1970. Éste había observado que ciertas regiones del océano, como las aguas ubicadas al Norte de la Antártida, entre América y África, eran particularmente ricas en nutrientes como nitratos y fosfatos. Sin embargo, contenían poco hierro y, justamente, escasa riqueza de fitoplancton. Así, Martin sugirió que el hierro podía ser el factor limitante del crecimiento de fitoplancton, al menos en algunas porciones del océano.

***Las algas planctónicas consumen CO<sub>2</sub> disuelto para desarrollarse. La fertilización con hierro provoca el incremento del volumen de fitoplancton, lo que conllevaría a un aumento en el consumo biológico de CO<sub>2</sub>.***

El razonamiento lineal sobre el que se basan las propuestas de fertilización artificial de los mares como método para combatir el incremento del efecto invernadero natural suena aparentemente sencillo. El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es el principal gas de efecto invernadero y su vertiginoso aumento es responsable del ascenso del promedio de las temperaturas terrestres. Las algas planctónicas consu-



Un barco oceanográfico efectuando la siembra de hierro con el objeto de estimular el crecimiento del fitoplancton. Al mismo tiempo, una sonda submarina registra los datos de la zona y se instalan boyas señalizadoras para posteriores análisis comparativos.

men CO<sub>2</sub> disuelto para desarrollarse. La fertilización con hierro provoca el incremento del volumen de fitoplancton, lo que llevaría a un aumento en el consumo biológico de CO<sub>2</sub>. El déficit de este gas, ocurrido en las capas más superficiales del océano durante la floración provocada por la fertilización, sería reabastecido con CO<sub>2</sub> atmosférico. Al absorber el CO<sub>2</sub>, las algas cumplirían un papel similar al de los bosques en el ámbito terrestre, secuestrando carbono (ver EXACTAMENTE N° 27).

Así, apoyadas en el efecto fertilizador natural que el hierro de los continentes cumple en los océanos, estas ONGs insisten con su idea lineal. Sin embargo, en la comprensión del mundo natural predominan los círculos y no las líneas. Y al fin, la cuestión es si el CO<sub>2</sub>, una vez que ha sido removido de la atmósfera y hundido en el océano, permanece o no en él.

#### Buscando la respuesta en el mar

A estas horas el Polarstern, el buque de investigación oceanográfico del Instituto Alfred Wegener (AWI) para la Investigación Polar y Marina de Alemania estará de regreso en Ciudad del Cabo. Considerado el laboratorio flotante más sofisticado del planeta, el Estrella Polar partió de esa misma ciudad el 21 de enero de este año con 96 personas a bordo, de los cuales 53 corresponden a personal de



investigación perteneciente a siete países europeos y a Sudáfrica.

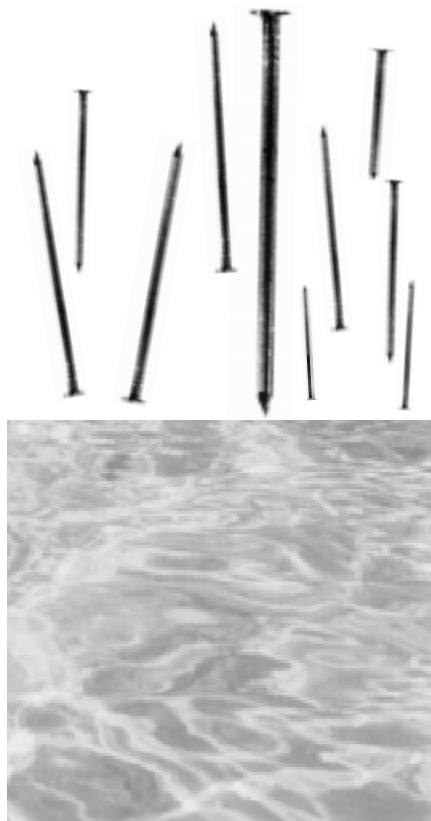
Frente al requerimiento de EXACTAMENTE, Ingrid Zondervan, de la Oficina de Prensa y Relaciones Públicas del AWI, envió la serie de informes semanales producidos por el profesor Víctor Smetacek, jefe de la expedición. “El objetivo de este experimento –escribe Smetacek en su informe del 25 de enero– es estudiar el crecimiento y evolución de una floración de fitoplancton que será inducida por fertilización de una porción del océano de algunas decenas de kilómetros de diámetro, con algunas decenas de toneladas de sulfato de hierro”.

Pese a la gran difusión que ha logrado captar esta expedición, no se trata de la primera. Será el octavo Experimento Europeo de Fertilización con Hierro (EIFEX, por su sigla en inglés) de una serie de otros similares. Pero en campañas anteriores, el Polarstern nunca permaneció en el lugar el tiempo suficiente para observar la evolución del proceso. Esta vez será diferente: desde helicópteros y usando un sistema de medición laser, los científicos seguirán el crecimiento de las algas y las interacciones biológicas en el sector fertilizado.

***El fitoplancton reaccionó inmediatamente aumentando la eficiencia de su máquina fotosintética, como si hubiesen realizado un “cambio en la marcha del auto”.***

#### **Jardinería oceánica**

“Diez semanas –explica Smetacek– deberán ser suficientes para observar qué sucede con las algas y con el carbono que ellas incorporan. Si son consumidas por la fauna marina, serán metabolizadas, y la parte más importante del carbono será transferida a la atmósfera a través de la respiración y sus deposiciones”. Y continúa: “Si por el contrario, las algas mueren después de la floración y se hunden en el fondo del océano, entonces el carbono será capturado de la atmósfera definitivamente”.



Luego de varias fertilizaciones, la reacción del fitoplancton se hace evidente. “Nuestra floración –describe Smetacek, con un tono de esmerado jardinero– ha crecido lo suficiente como para cambiar el color del agua, de azul claro a turquesa. El fitoplancton reaccionó aumentando la eficiencia de su máquina fotosintética”.

Quizá lo más sorprendente es que, para realizar esta experiencia, utilizaron “el mismo polvo de sulfato de hierro que se usa para mejorar el césped y que se vende en los negocios de artículos de jardinería con un costo de unos pocos euros por tonelada”.

#### **Perspectivas**

Es probable que este dato sirva para confirmar la fertilización de los océanos con hierro es, efectivamente, el método más barato para frenar el incremento del efecto invernadero.

Aunque en este campo todavía falta mucho por confirmar, se estima que las algas microscópicas son responsables de la mitad de toda la absorción biológica del CO<sub>2</sub>, y que este método sería entre 10 y 100 veces más barato que la forestación.

Por otra parte, en una entrevista realizada al secretario ejecutivo de la Comisión Oceanográfica Internacional (COI), Patricio Bernal, declaró que los científicos estiman que enriqueciendo “la totalidad del océano austral con hierro, sólo se conseguiría disminuir entre un 20 y un 30 por ciento el índice del CO<sub>2</sub> en la atmósfera a lo largo de un siglo, acarreado daños ecológicos considerables”.

En tal sentido, Nazareno Castillo Marín, licenciado en ciencias biológicas y actual Coordinador de la Secretaría Permanente de la Oficina Argentina del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (OAMD L) confiesa que del análisis de los documentos respectivos no queda claro si proyectos como éstos podrían ser incluidos o no en el MDL, ya que, al menos hasta el momento, la decisión que reglamenta su funcionamiento se restringe a hablar de proyectos que reducen emisiones o secuestran CO<sub>2</sub> atmosférico en el sector del uso de la tierra. “De cualquier manera, deberían cumplir con una serie de requisitos como no tener fugas ni impactos negativos sobre el ambiente, entre otros”, agrega Castillo, que cursa el doctorado en el Departamento de Ciencias de la Atmósfera de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA.

Mientras tanto, no parece haber marcos legales suficientes para controlar los experimentos de fertilización con hierro en los océanos.

Pero más allá de las propuestas de la ONGs, no cabe duda de que los estudios sobre los efectos fertilizantes naturales del hierro en los océanos y su impacto sobre el sistema climático, mantienen la atención de la comunidad científica.

Antes reino exclusivo de los investigadores de las ciencias de la atmósfera, hoy el clima ha invadido las más disímiles ramas del saber. Millones de horas en las vidas de miles de científicos que intentan comprender la compleja y seductora maquinaria terrestre. ■

\* Profesora de geografía, especializada en problemáticas ambientales. Realizó el curso de Introducción a la Divulgación Científica FCEyN 2003.

Astrofísica numérica

# *El universo en la computadora*

por Verónica Engler  
vengler@bl.fcen.uba.ar

*Una rama joven de la astronomía –la astrofísica numérica– permite recrear la realidad de las galaxias e incluso el aspecto del universo mismo. Con herramientas informáticas de novísima tecnología, científicos del Instituto de Astronomía y Física del Espacio ya logran modelar galaxias y especular acerca de su pasado y su futuro.*

**H**ace aproximadamente catorce mil millones de años hubo una gran explosión (big bang), ese fue el acontecimiento que inició nuestro universo. Antes, materia y energía, y el espacio que llenan, estaban densamente concentrados en un volumen muy pequeño.

Cuando ese densísimo punto cósmico explotó, una colosal nube de gas lo cubrió todo con una homogeneidad casi irreprochable. Lo que existía, entonces, formaba parte de una especie de bizcochuelo apenas imperfecto, con ínfimos grumos, que levaba lentamente creando los confines del universo. A medida que tiempo y espacio crecían parejos en la inmensidad de la noche cósmica, las partículas primordiales comenzaron a acercarse tímidamente. Las nimias irregularidades que interrumpían la homogeneidad del bizcocho fueron aumentando en densidad y dieron lugar, poco a poco, a pequeñas estructuras que a su vez se agregarían entre ellas para formar estructuras mayores: así nacieron las bellas galaxias que hoy pueblan el cosmos.

Compuestas de gas, polvo, miles de millones de estrellas y muchísima materia oscura, las galaxias no son cuerpos rígidos, sino siluetas fluidas que suelen estar agrupadas en cúmulos. Pero las variadas

formas que adquieren se mantienen únicamente durante algunas imágenes de la película cósmica, luego desaparecen y a menudo se regeneran debido a los habituales choques que sufren.

La gama de interacciones posibles entre estas gigantes damas del espacio es profusa, no se limita al tipo de fusiones que hace crecer la empresa en la que cada una se ha embarcado. Puede suceder que simplemente se rocen en sus vagabundeos cósmicos, y esa extrema cercanía que entre los humanos puede elevar la temperatura corporal o ruborizar la tez, en ellas también tiene sus consecuencias. El hecho de haber pasado muy cerca puede modificar sus propiedades.

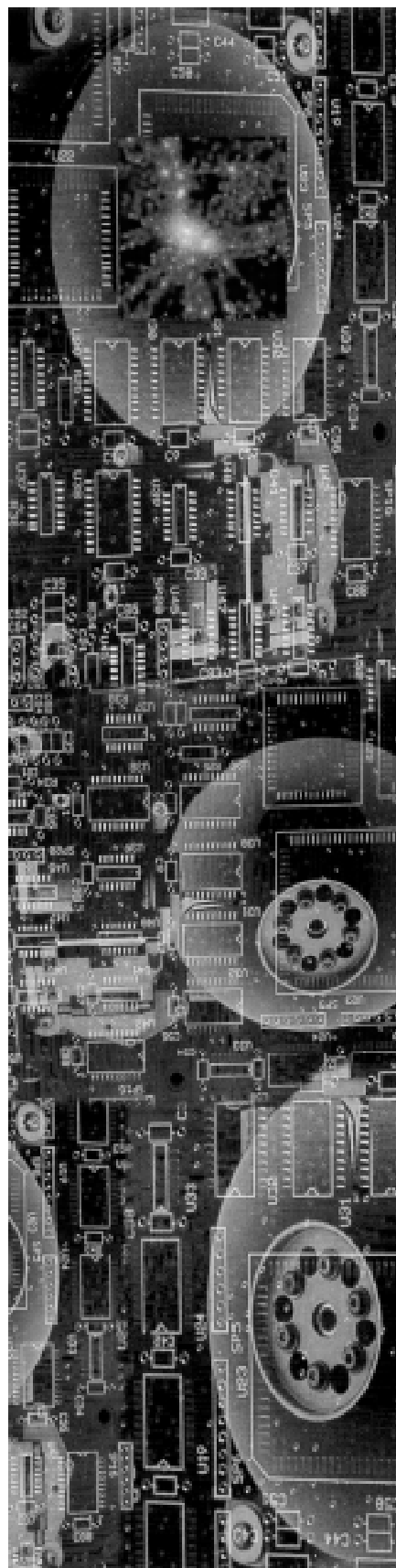
Si nunca vimos cambiar de modo significativo la forma de una galaxia, es simplemente porque se necesita mucho tiempo para que suceda. Por ejemplo la Vía Láctea –una espiral con más de 200 mil millones de estrellas de todo tipo– da un giro completo sobre sí misma cada doscientos cincuenta millones de años. Si aceleráramos este movimiento, la veríamos como la entidad dinámica que es, parecida en cierto modo a un organismo multicelular. Cualquier imagen astronómica de una galaxia no es más que una “instantánea” de una fase de su evolución.

Las imágenes obtenidas mediante telescopios y radiotelescopios sólo dan cuenta de un momento de la añosa existencia de estas estructuras, un instante que, además, sucedió mucho antes del tiempo presente en el que las miramos. Sumergirse en el espacio es también adentrarse en el tiempo. Los mensajes de los astros –luz visible u otras frecuencias electromagnéticas– que recibimos en la Tierra llegan después de haber viajado inmensos trayectos (miles de años luz). Por lo tanto, cuando logramos “ver” algo, eso que vemos seguramente ya ha cambiado.

Pero ¿habrá alguna forma de conocer las peripecias por las que han pasado estas gigantes que pavonean sus cuerpos estrellados por el espacio? ¿Es factible conjeturar cuál será la evolución de su estructura? La respuesta es afirmativa. La astronomía moderna ya cuenta con las técnicas adecuadas para reconstruir la historia del universo: la astrofísica numérica –o astrofísica computacional, o cosmología numérica– es la encargada de brindar los métodos necesarios para hacer aparecer en escena esa danza de fuegos artificiales que destellan en la oscuridad del cosmos.

### *El cosmos en números*

Al igual que los videojuegos que reproducen diferentes escenarios y personajes vibrando al ritmo de algún guión, la astronomía se sirve en la actualidad de herramientas informáticas para crear realidades virtuales que tienen como protagonistas a las estrellas, el gas y la materia oscura. Mediante refinadísimos cálculos numéricos y con el adecuado poder computacional para realizarlos, se pueden



lograr simulaciones de diferentes regiones del cosmos.

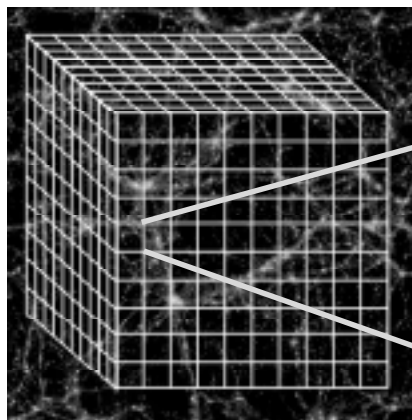
Los astrónomos que se dedican a crear estos espacios artificiales ya no miran tanto el cielo como el monitor de sus computadoras para saber qué pasa allí afuera. Quienes trabajan en esta área de la astrofísica pasan la mayor parte de sus jornadas escribiendo innumerables líneas de programación que les permitan modelar cada una de las secuencias cósmicas que desean escudriñar.

“Para hacer las simulaciones hay que asumir un modelo cosmológico, las condiciones iniciales y luego establecer cuáles son los procesos físicos que van a dominar la evolución de la materia en el universo”, introduce Patricia Tissera, doctora en astronomía e investigadora del Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE, Conicet-UBA). En particular, lo que estudia Tissera junto a su equipo de investigación es la formación y evolución de galaxias.

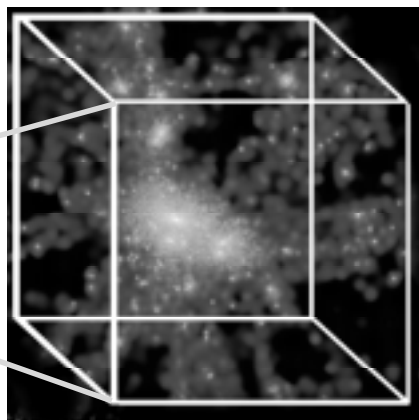
Los algoritmos –instrucciones matemáticas– que utilizan son como el guión del film, mientras que la teoría y los resultados observacionales (las diferentes “fotografías” que se han tomado de las galaxias) son los hitos de la historia que los métodos numéricos intentan recrear. Así armado el argumento, se corre el programa, y el universo y sus galaxias (las del modelo computacional) empiezan a evolucionar.

El modelo cosmológico asumido es el que va desde la casi homogeneidad inicial hacia una creciente heterogeneidad de estructuras cada vez mayores. “El universo se está expandiendo, pero hay zonas don-

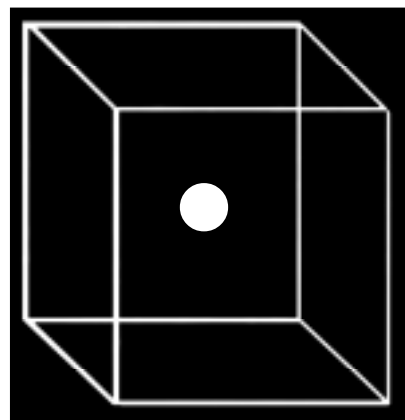
**Dividir para comprender: el cosmos visto a través de las simulaciones**



■ La porción del universo con la que trabaja el equipo de Tissera está fraccionada en un millón de celdas a través de una grilla cúbica.



■ Cada celda encierra una porción de universo un millón de veces más chico que el anterior. Aún así contiene miles de estrellas y polvo interestelar en su interior.



■ El contenido de cada celda es sintetizado en una unidad de laboratorio llamada partícula a la que se le asocian las características físicas de la materia que representa.

de se producen fluctuaciones, que son como pequeñas semillas de potencial que atraen más materia y van creciendo hasta que en un momento la fuerza de gravedad contrarresta los efectos de la expansión –describe la investigadora–. Entonces, esas pequeñas estructuras iniciales que tienen mayor contraste de densidad colapsan y ahí comienza a formarse una galaxia”. Así empieza la saga (de acuerdo con el modelo teórico más aceptado actualmente en cosmología). Luego, la destreza de los algoritmos y de las simulaciones que ellos pueden representar servirán para tratar de entender qué pasó después del estallido que dio inicio al universo.

Antes de aventurarse en la realización de una simulación cosmológica, hay que asegurarse de que lo que se “filmará” será lo más parecido posible a aquello que podríamos ver si estuviéramos en el lugar del acontecimiento. Para lograr eso, primero se reproduce lo que ya se conoce de manera certera sobre el hecho en cuestión. Con este fin, los astrónomos simulan situaciones ya observadas (una galaxia en alguna etapa de su evolución). Si las simulaciones dan como resultado un objeto con propiedades similares al observado, esto significa que las hipótesis asumidas son

probables y que el programa diseñado es aceptable. Una vez que se ha pasado esta primera prueba, se puede seguir avanzando cautelosamente sobre el territorio virtual en el que se proyectarán aquellos fenómenos a los que no se puede acceder en forma directa.

La imagen registrada a fines de febrero de la galaxia IR1916 –la más lejana jamás identificada, a 13.000 millones de años luz de la Tierra–, por ejemplo, podría funcionar como un “fotograma” si se quisieran reproducir los avatares por los que ha pasado esta galaxia después del momento primigenio en el que se la ha podido observar desde la Tierra.

“Las simulaciones permiten reconstruir la película. Pero después hay que comprobar cuán realista resultó. Puede haber una imagen (obtenida por métodos observacionales) que me ayuda a mejorarla. Y al revés, la película puede permitir hacer predicciones sobre una fotografía que todavía nadie sacó”, ejemplifica metafóricamente la astrónoma.

#### *Realidad virtual*

De la misma forma en que en un juego de realidad virtual un maniquí es seccionado para que un código de programa-

ción administre cada una de sus expresiones y lo asemeje a un espécimen real, las simulaciones cosmológicas se construyen sobre la animación minuciosa de pequeñas fracciones de universo.

El grupo de Tissera toma una porción del universo, y la encaja en un cubo que podría llegar a tener hasta 10 millones de parsecs de lado (la luz tarda 3,3 años en recorrer un parsec). A su vez subdivide el cubo gigante en un millón de cubos más pequeños, cortando el mayor en cien tajadas a lo ancho, cien a lo largo y cien a lo alto ( $100 \times 100 \times 100 = 1.000.000$ ). La porción de universo que quedó en cada celda la transforman en una unidad de laboratorio que llaman “partícula” a la que le asocian la información para estudiar su evolución.

“Cada partícula contiene toda la información física necesaria para desarrollar el modelo deseado: la masa, la densidad, la temperatura, la presión, la velocidad, la posición, el tipo de material que contiene (materia oscura, gas o estrellas) y todas las variables que sean necesarias de acuerdo al fenómeno que se quiera estudiar”, agrega Cecilia Scannapieco, licenciada en física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN) de la UBA e integrante del equipo de investigación de Tissera.

### Programas estelares

El grupo con el que trabaja Tissera en el IAFE junto a científicos de la Universidad Nacional de Córdoba desarrolló un modelo numérico para estudiar el enriquecimiento químico del universo.

“Para eso, lo que estamos haciendo de nuevo es agregar elementos. La mayoría de las simulaciones incluyen gravedad, calentamiento, enfriamiento y formación estelar, pero no tienen en cuenta en detalle la evolución química y la eyección de energía al medio interestelar”, comenta Scannapieco.

Cuando las estrellas mueren, explotan, y al explotar eyectan elementos químicos y energía. “Las dos cosas afectan el medio, lo enriquecen químicamente y además liberan energía, y eso produce movimiento de masa y calentamiento del gas”, describe Tissera. El programa desarrollado sirve para estudiar cómo se producen y eyectan los materiales químicos de las estrellas al medio interestelar y cómo aparecen los elementos más pesados en el universo. En un principio, el programa estaba escrito para trabajar en un procesador. Pero como la tendencia es trabajar con muchos procesadores en paralelo para poder aumentar la resolución numérica (además de que es más económico), los científicos argentinos optaron por *aggiornar* el programa. Para realizar este cambio, Tissera se puso en contacto con Simon White y Volker Springel, del Instituto Max Planck de Astrofísica (MPA).

Springel fue quien escribió GADGET, un programa para realizar simulaciones cosmológicas “en paralelo” y que se distribuye como software libre (ver EXACTAMENTE N° 27, 2003), lo que posibilita que cada usuario pueda hacerle las modificaciones que quiera.

Los científicos del MPA estaban particularmente interesados en el programa desarrollado en Argentina porque incluía los procesos físicos relacionados con la evolución estelar, que influye en la transformación de las galaxias. Por eso los grupos de los dos países comenzaron a trabajar juntos y acoplaron el programa argentino al alemán. En este momento, se hallan embarcados en desarrollar el modelado de los efectos de las explosiones de supernovas.

en el IAFE y tiene acceso a otro de cuarenta en el Instituto Max Planck de Astrofísica (Garching, Alemania) en donde el grupo trabaja junto a Simon White y Volker Springel (ver “Programas estelares”).

La clave de la paralelización está en la forma de repartir recursos y trabajo de manera inteligente: se trata de compatibilizar los diferentes procesadores como si fueran componentes de una única máquina. Pero el resultado es mucho más que la suma de sus partes. Esta nueva criatura goza de los beneficios de una arquitectura dinámica, que le permite adecuar su configuración a las necesidades y posibilidades del momento, para ganar en velocidad y eficiencia.

La paralelización implica nuevos desafíos a la hora de programar, ya que no se trata sólo de ingresar las indicaciones precisas para que la computadora realice los cálculos deseados, sino que además es necesario programar la forma de realizar el trabajo en equipo. “Cuando se trabaja en paralelo, no sólo hay que indicar qué ecuaciones utilizar y cómo integrarlas numéricamente, sino que además se deben dar las instrucciones para organizar el tráfico de información entre los procesadores de manera que trabajen en forma pareja, entre otras cosas, para que no haya mucha pérdida de tiempo de comunicación entre procesador y procesador”, detalla la astronomía.

Estos programas que hacen trabajar mancomunadamente a diferentes computadoras en pos de un objetivo común son una de las novedades que se vienen anunciando hace años en el mundo *techy* que, parece, están revolucionando el mundo de la información. Por eso Tissera tiene muy claro que toda la tecnología de programación que están desarrollando en astronomía, más tarde o más temprano, será beneficiosa para una comunidad mucho más amplia que la astronómica. ■

Con las diferentes ecuaciones ensambladas en el programa, se puede seguir el movimiento y el cambio de propiedades en cada una de las partículas estudiadas a lo largo del tiempo. Como cada galaxia está compuesta por varios miles de estas partículas, los creadores de estos universos virtuales deben juntar la información dispersa en estos compartimentos para poder erigir sus criaturas galácticas a partir de los datos obtenidos y de esa manera observarlas en acción.

### Trabajando en paralelo

El millón de partículas con el que trabaja actualmente Tissera parece una enormidad comparado con las apenas cien unidades que conformaban las simulaciones hace un par de décadas. Pero, sin embargo, es una cantidad todavía escasa en relación a los varios millones de partículas de las simulaciones que se realizan en centros especializados que cuentan con más recursos económicos.

La cantidad de partículas con las que se trabaja está dada por el poder de procesamiento del que se disponga, porque cada una de ellas debe evolucionar por sí misma pero además debe interactuar con cada una de las otras partículas del sistema (999.999, en el caso de Tissera). Para realizar este tipo de cálculos ciclópeos es necesario desarrollar la programación en paralelo. Una computadora sola, por potente que sea, realiza sus cálculos en serie, uno a la vez, y por rápido que los haga, el resultado nunca podrá emular la interacción entre las partículas: ellas interactúan al mismo tiempo, todas a la vez, o sea, en paralelo.

Una manera de resolver este problema es concebir a las computadoras no como ejemplares individuales sino como partes de una única supercomputadora: esto es lo que se llama en la jerga informática “paralelización”.

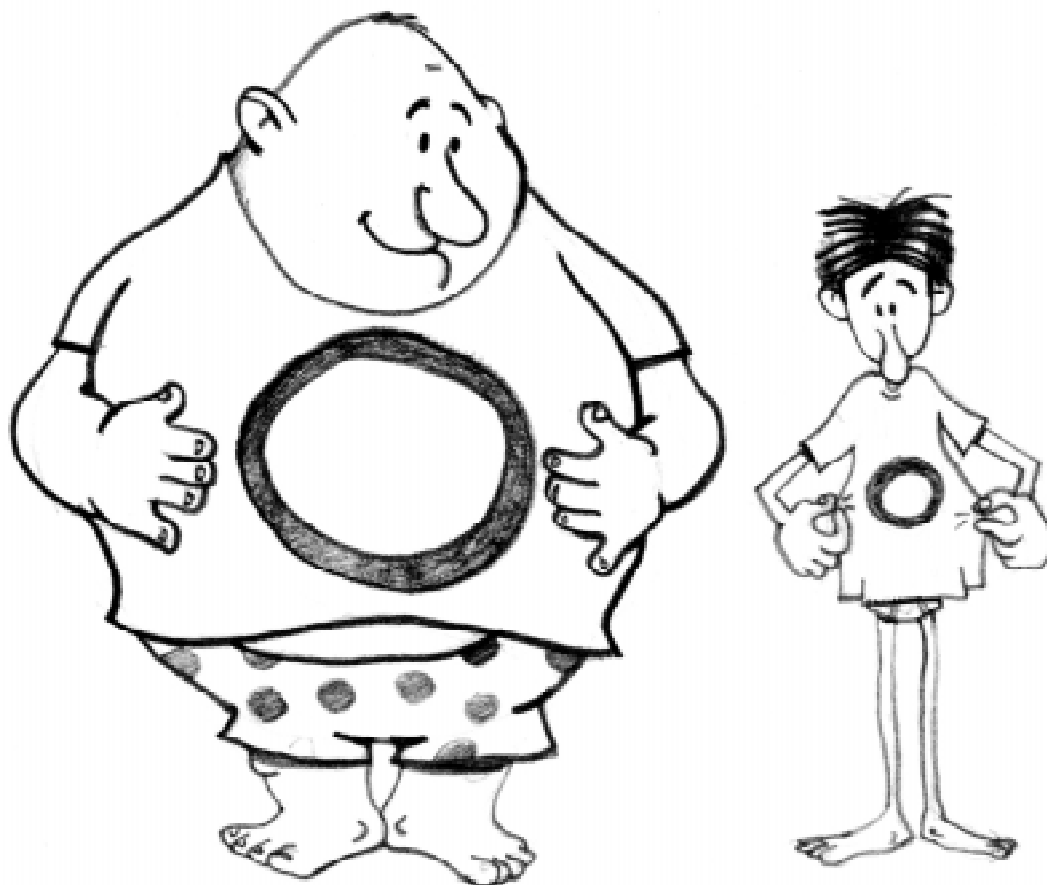
En este momento, Tissera cuenta con un *cluster* (grupo) de ocho procesadores

Una teoría para las curvas raras

# Algebra *estilo* K

por Pablo Coll\*

*Un científico argentino demostró una importante conjetura matemática, que es el resultado de la K-teoría, una rama del álgebra que permite estudiar, por ejemplo, las infinitas configuraciones de distribuidores de autopistas y otras curvas raras.*



Centro Internacional de Física Teórica de Trieste: el doctor Guillermo Cortiñas acaba de terminar la exposición de su demostración de la conjetura KABI. Hay satisfacción general en la sala. Uno de los más entusiasmados es el doctor Mariusz Wodzicki, una autoridad en el tema. El mismo Wodzicki, que había encontrado una falla en otra demostración de la conjetura casi veinte años atrás, toma la tiza y agrega comentarios. La demostración de Cortiñas -que es profesor del Departamento de Matemática de Exactas- combina resultados del mismo Wodzicki con los de otros prestigiosos matemáticos como Andrei Suslin y Daniel Quillen, este último, ganador de la medalla Fields, premio cumbre a las obras matemáticas, que

no fueron beneficiadas por la generosidad de Alfred Nobel.

***Algunos de los objetos de estudio de los matemáticos son, por ejemplo, los espacios.***

No es raro ver que algunos diccionarios de la lengua definan la matemática como la ciencia que estudia los números y las cantidades. También suele ocurrir que, en una reunión de amigos, el matemático sea señalado para hacer las cuentas de los gastos de las pizzas. Todo esto parte de una visión presente en el imaginario colectivo que asocia a los matemáticos con las cuentas. Pero la realidad es que la mayoría de los matemáticos profesionales no son

más hábiles para las cuentas que una persona cualquiera, ya que, en particular, no les interesa andar haciendo cuentas en el sentido en que las entiende la mayoría de los mortales.

¿Qué hacen entonces los matemáticos? Algunos de sus objetos de estudio son los espacios. Cualquier persona con una mínima formación es capaz de encontrar, por ejemplo, la ciudad italiana de Termoli en un mapa sabiendo que está ubicada a 42 grados latitud norte y 12 grados longitud este. Ese mapa puede verse como un espacio de dos dimensiones: latitud y longitud. Dando valores precisos de ambas, es posible identificar cualquier lugar del mapa. En cambio, una ruta puede pensarse como un espacio de una sola di-



ensión. Con una sola coordenada, como el kilometraje, es posible indicar cualquier punto de la ruta, por ejemplo el puente sobre el Río Equis está en el kilómetro 87,6 de la ruta I Griega.

### Espacios carreteros y puntos singulares

Los espacios pueden tener forma de recta o de plano, pero también pueden tener formas más raras, por ejemplo, forma de ocho, de nudo, de pretzel, de flor de tres o de cuatro pétalos. La matemática, en ocasiones, los estudia desde la perspectiva de la topología, una rama de la geometría a la que no le interesan las medidas o las formas, sino ciertas características esenciales de los objetos que permiten clasificarlos. Estas características se denominan invariantes ya que no varían frente a ciertas transformaciones.

Según la visión de la topología, la mayoría de los autódromos del mundo son iguales al famoso «óvalo» de Indianápolis. De esta clase de autódromos debemos excluir a El Zonda, en San Juan, ya que tiene un punto en que la pista pasa por encima de sí misma. Las transformaciones que mencionamos podrían pensarse como las que sufrirían las pistas si estuvieran dibujadas en una remera con una tela suficientemente elástica, de manera que un talle único se ajustara perfectamente a cualquier cuerpo.

***Podría ocurrir que, calzada la remera, en el luchador de sumo veamos el autódromo de Monza y en el faquir, el de Nürburgring.***

Un obeso luchador de sumo y un esquelético faquir podrían usar la misma remera con el trazado de la pista de Indianápolis. Como la panza de ninguno de ellos es una tabla perfectamente plana, el dibujo de la pista va a sufrir deformaciones una vez que se la calcen, pero siempre van a conservar la característica de ser



un trazado cerrado, sin cruces. Podría ocurrir que, calzada la remera, en el luchador de sumo veamos el autódromo de Monza y en el faquir, el de Nürburgring. Pero nunca podría aparecer el autódromo de El Zonda, porque tiene un punto excepcional, ausente en las pistas de Indianápolis, Monza y Nürburgring.

Por el contrario, si tengo una remera con el trazado de El Zonda, por más que la estire, siempre va a tener ese punto en el

cual la pista se cruza sobre sí misma. Ese punto, de características especiales, se suele llamar punto singular de esa curva o espacio. La cantidad y el tipo de puntos singulares son invariantes frente a las transformaciones de la “remera estirada”. Los puntos no aparecen o desaparecen, sólo se acercan o alejan según sea el talle del que luzca la remera. Si la remera tiene siete fallas en su tela, estas siete fallas van a permanecer siempre ahí sobre la superficie.

***La idea es lograr clasificar los distintos tipos de curvas estudiando estos invariantes que son los grupos asociados.***

El trabajo de Cortiñas busca perfeccionar herramientas para clasificar en clases los distintos espacios – o “autódromos” – según la cantidad y los tipos de puntos singulares que tengan. No es lo mismo un autódromo donde la pista pasa una vez por sobre sí misma, que otro donde la pista pasa dos veces por encima de sí. El estudio de los invariantes de objetos matemáticos permite conocer en profundidad esos objetos con la esperanza de deducir nuevas propiedades y clasificarlos en familias.

### De la Co a la K

Para estudiar los espacios, Cortiñas debe decidir con qué invariantes va a trabajar. Esta decisión puede ser tomada de innumerables maneras. La disciplina que estudia estas decisiones se denomina Co-Homología y de cada forma de asociar invariantes a un espacio resulta una nueva Co-Homología. La elegida por Cortiñas se denomina K-teoría y asocia a cada espacio un conjunto infinito de grupos. Fue propuesta en la década del sesenta por Alexander Grothendieck, otro premiado con la Medalla Fields.

“Los grupos –afirma Cortiñas– pueden pensarse como una generalización del concepto de número. La idea es lograr clasificar los distintos tipos de curvas estu-

### Centro de Física Teórica de Trieste

El Centro Internacional de Física Teórica de Trieste (ICTP) fue fundado por el premio Nobel paquistaní Abdus Salam con el objeto de fomentar la investigación y el desarrollo en los países cuyos gobiernos no destinan suficiente presupuesto a estos temas. El Centro, subvencionado principalmente por la UNESCO y el gobierno italiano, tiene una agenda permanente de conferencias y escuelas en temas de física, matemática y computación. También otorga subsidios para que científicos de todo el mundo puedan pasar algunos meses todos los años trabajando en condiciones ideales que no tienen en sus países de origen. En estas circunstancias, el profesor Cortiñas comparte sus estadías en el ICTP con un matemático de Lesotho o una matemática tailandesa.

Salam, además de ser un físico de primer nivel, fue un infatigable luchador por mejorar las condiciones en las que trabajan los científicos de los países pobres. Dueño de una personalidad carismática, viajando incansablemente se entrevistó con decenas de jefes de estado en su búsqueda por cambiar la visión de los gobernantes sobre el papel de la ciencia en el progreso de sus países.



### Nobel, Fields y Abel

Cuando todos los años se dan a conocer los premios Nobel, no hay entre ellos matemáticos, salvo años excepcionales, como el pasado, en el cual el premiado en literatura, el sudafricano Coetzee, lo era. Circulan dos versiones sobre la ausencia de este premio. Aparentemente, Alfred Nobel no tenía conciencia clara de la importancia de la matemática para el desarrollo de la ciencia aplicada y esta es la razón "oficial" de la ausencia del Nobel en esta disciplina. Pero hay un argumento muy difundido y más sabroso, aunque no por eso necesariamente cierto. Es que Nobel, que nunca se casó, desarrolló una aversión a la comunidad matemática cuando disputó y perdió una querida con Gosta Mittag-Leffler, el más eminente matemático sueco de la época. Eso sí, el hecho de que el premio de economía se haya creado posteriormente, en 1969, abre la puerta para que, en un futuro, la Fundación reconozca el desarrollo de las ciencias de la computación, la estadística y la matemática aplicada, y cree el premio ausente.

Pero los matemáticos también tienen sus premios. En el Congreso Internacional de Matemática de 1924 se crearon las Medallas Fields que se entregan cada cuatro años. En ocasión de la celebración de estos monumentales congresos que reúnen a exponentes de toda la comunidad, son entregadas a hasta cuatro innovadores y revolucionarios científicos menores de 40 años. Hasta el año pasado, este premio era el más prestigioso de la disciplina, pero en el 2003 se ha entregado por primera vez un premio anual y sin límite de edad (las dos críticas más fuertes que se hacían a las Medallas Fields). Este premio, otorgado por la Academia Noruega de Ciencias y Letras consiste de 750 mil euros para reconocer el trabajo sobresaliente en la disciplina, y lleva el nombre de Niels Henrik Abel, el matemático más importante que ha dado el suelo noruego. El primer premiado fue el francés Jean-Pierre Serre, que ha desempeñado un rol fundamental en el desarrollo de varias ramas de la matemática.

diando estos invariantes que son los grupos asociados". Y agrega: "Hacemos esto con la esperanza de que las herramientas con las que contamos para estudiar los grupos nos permitan sacar conclusiones sobre las curvas que no podrían haberse logrado de no haberse realizado dicha asociación".

El problema que plantea la conjetura KABI, que recibe este nombre debido a una contracción de la notación de los grupos  $K$ ,  $(A, B; I)$  que intervienen en la demostración, es cómo calcular el invariante de un todo a partir de los invariantes de las partes, que generalmente son más simples de obtener. Por ejemplo, cómo calcular los invariantes de un espacio con la forma del cruce de la Avenida General Paz con Ave-

nida Cabildo a partir de los invariantes de un espacio con la forma de una ruta sin cruces y de unos espacios con forma de puntos sueltos. Usualmente, dado que las partes pueden tener sectores en común, el todo no es exactamente la suma de las partes. La conjetura menciona una forma de arreglar este tipo de diferencias, pero desde 1986 nadie había sido capaz de demostrarla hasta que Cortiñas logró hacerlo.

Las ideas del doctor Cortiñas todavía tienen mucho que aportar a esta área de la matemática que relaciona el álgebra y la geometría con el empeño por comprender mejor estos extraños objetos matemáticos. ■

\* Docente del Departamento de Computación - FCEyN



**X Exactas va a la escuela: charlas gratuitas de divulgación científica y paneles de investigadores de la Facultad de Exactas en los colegios**

**X Programa de Experiencias Didácticas: prácticas en los laboratorios para alumnos secundarios**

**X Visitas y recorridas por los laboratorios de la Facultad**

**X Charlas sobre cada una de nuestras carreras**

La Dirección de Orientación Vocacional de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA organiza todas estas actividades pensadas para alumnos de los últimos años de los colegios secundarios.

Con distintas prácticas, todas ellas apuntan a difundir las carreras de ciencias entre quienes estén próximos a realizar su elección vocacional.

**Para más información, los directivos de escuelas, los docentes o los alumnos pueden comunicarse con nosotros al 4576-3337 o por correo electrónico a [dov@de.fcen.uba.ar](mailto:dov@de.fcen.uba.ar)**

El maestro ciruela cambia de fruta

## La manzana de Newton y la unidad del universo

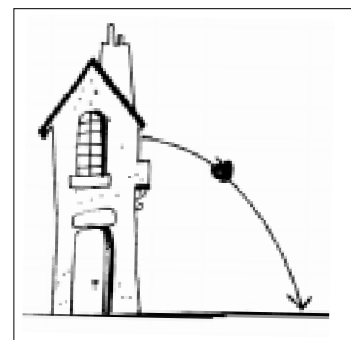
Que don Isaac Newton haya encontrado la Ley de Gravitación Universal justo en el momento en que una manzana golpeaba su cabeza es tan sólo una leyenda. Pero puestos a analizarla, encontramos que es una de las más bellas de la historia de la ciencia, poseedora de una sustanciosa metáfora que lamentablemente suele olvidarse o desconocerse.

En mis cursos de física acostumbro a contar la versión completa, que sigue a continuación. Estaba Newton en sus mozos 24 años contemplando la Luna y especulando sobre las razones de su movimiento. En ese preciso instante lo golpea la manzana, y es así que con la sacudida le viene al genio la idea de que el movimiento lunar y la caída de los cuerpos... son la misma cosa.

La imagen plantea tres cuestiones relevantes. La inmediata es aquella que la leyenda no menciona: la ley gravitacional del cuadrado inverso, cuya revelación habría llegado con el manzanazo. La segunda tiene que ver con el carácter universal de la cuestión. En general, mis alumnos no se habían percatado de la palabra “universal”, que remata el nombre de la ley. Su importancia es grande. Por primera vez aparecía una ley física aplicable tanto al mundo terrenal como al celeste, a la manzana como a la Luna, en franca oposición a las verdades consagradas

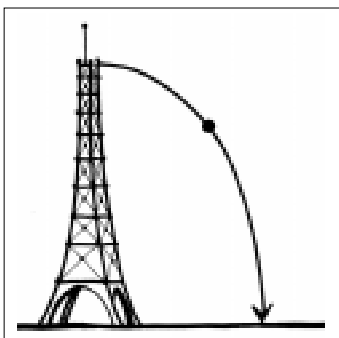
hasta la época, y sostenidas a fuerza de grillos y hogueras. El universo es uno solo y lo gobiernan las mismas leyes en todo tiempo y lugar.

La tercera cuestión es la que molesta a mis alumnos. Porque decir que el movimiento de la Luna y la caída de la manzana son la misma cosa es lo mismo que decir (y

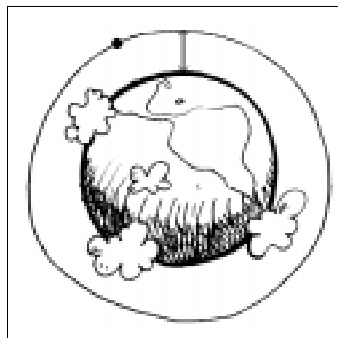


mis alumnos son muy rápidos en sacar conclusiones) que orbitar y caer son sinónimos. Ok, les digo, no desesperen, y les propongo esta serie de experimentos mentales, que el mismo Newton realizó. Supongan que subo hasta la terraza de mi casa y arrojo horizontalmente una manzana, ¿qué ocurre?, nada extraño, avanzará y caerá, avanzará y caerá, hasta que finalmente encuentre el piso y se estrelle.

Pero, no contento con el resultado, busco una torre mucho más alta que la terraza de casa y repito el experimento. ¿Qué ocurri-



rá? Nada demasiado nuevo, avanzará y caerá, avanzará y caerá, y se estrellará a una mayor distancia que cuando hice la experiencia en mi casa. Si continuamos mentalmente el experimento, no es difícil predecir que cuanto más alta sea la torre desde donde



arrojamos la manzana más lejos de nuestros pies encontrará su cruel destino. Acá el experimento pega un salto. Dijo Newton: “Si yo fuera capaz de subir a una torre lo suficientemente alta, y desde allí arriba, más allá de las nubes, arrojase horizontalmente mi manzana. ¿Qué

ocurrirá?, ¡pues nada nuevo!, caerá y avanzará como hizo antes, y seguirá cayendo y avanzando, y cayendo, y cayendo. Pero nunca alcanzará la superficie de la Tierra, que obstinadamente se curva debajo de ella. Claro que para entender el experimento hay que recordar que la Tierra es redonda.

Una vez –fíjense lo que son las cosas– un estudiante me preguntó con cierta sutileza e ironía: “Profe, si la Luna está cayendo sobre nosotros, qué hacemos perdiendo el tiempo en este curso de física y verdulería”. Es inevitable, siempre hay una manzana podrida. ■

### HUMOR

por Daniel Paz



## Gemelos

Lawrence Wright  
Barcelona, 2003  
Paidós, 192 páginas.



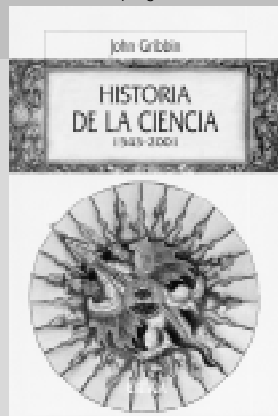
Nacen gemelos idénticos, su información genética, gen por gen, es la misma. Se separan al nacer, y se crían en familias adoptivas diferentes, tan diferentes como cualquier par de familias. Ya adultos se reencuentran, y los captura la ciencia, que descubre en ellos una enorme serie de rasgos idénticos de la personalidad, tales como la inteligencia, la sexualidad, la paciencia, la agresividad, las manías y un montón de etcéteras que hubiéramos jurado que no obedecían a la herencia biológica sino a la interacción ambiental, la crianza, la experiencia de vida. Ahí se arma la batahola.

Lawrence Wright recopiló en *Gemelos*, minuciosamente, los numerosos estudios y experimentos que en el último siglo se hicieron con gemelos. Con objetiva frialdad narra los horrores que perpetraron nazis y racistas en nombre de la ciencia, y la dificultad de los científicos para sacarse de encima los prejuicios.

El estudio sobre gemelos hace tambalear edificios intelectuales y discurre en un terreno minado de conflictos raciales, filosóficos y políticos. La identidad, el libre albedrío, y la propia naturaleza humana son alcanzados por las inferencias de estos estudios. La discusión es encarnizada y resulta difícil no tomar partido. Pero Wright no pierde la calma y nos brinda un libro prolijo y accesible, entretenido y audaz.

## Historia de la ciencia 1543-2001

John Gribbin  
Barcelona, 2003  
Crítica, 552 páginas.



Los chicos dicen que los libros de historia son un plumazo. Y los editores deben creerlo porque los textos de historia vienen cada vez más interactivos, llenos de colores y chirimbolos. El de John Gribbin no, sólo blanco y negro. Y nada más le hace falta.

Narrado en tono divulgativo para cualquier amante o estudioso de la ciencia y para cualquier lego que se interese por ella, *Historia de la ciencia* se presta a dos formas de lectura posibles, cuanto menos. La primera es compartida con cualquier libro de historia: la consulta. No faltan los índices temático y alfabético, de modo que resulta fácil desplazarse por estos 450 años de ciencia y sus protagonistas.

La segunda lectura posible es la más original: la historia como relato, como novela. Ciertamente, el tono elegido por Gribbin, la prosa atrapante, el ritmo hacen que el lector no quiera abandonar la lectura hasta resolver el siguiente enigma, y así hasta el presente. La narración avanza en clave de biografías, están todos los grandes, muchos olvidados, y hasta algunos que por errados quedaron fuera de la historia, pero son parte de ella.

John Gribbin, doctor en Astrofísica de la Universidad de Cambridge, conoce la ciencia. Para él estos 450 años son un paseo, y se nota.

## Jugar con Borges

Jaime Poniachik  
Buenos Aires, 2003  
Ediciones De Mente, 94 páginas.



¿A usted le gustan los laberintos, las paradojas, las adivinanzas, los acertijos matemáticos? “En el universo literario de Jorge Luis Borges, los juegos constituyen una materia primordial, tal como lo es la filosofía, la historia, los sueños, la mitología”, explica Jaime Poniachik, quizás el mayor “juególogo” de la Argentina.

*Jugar con Borges* es una guía de turismo lúdico por la obra del escritor en el que el lector es invitado a resolver una variedad de pasatiempos surgidos de los cuentos y los poemas de Borges. Para aceptar el convite no es necesario conocer la obra borgiana, alcanza con el ingenio, la imaginación verbal, el olfato lingüístico.

El libro comienza con una charla que el autor tuvo con Borges en su departamento de la calle Maipú en 1981 (hablaron sobre juegos). Y continúa el juego de las metáforas, el de las rimas, el del diccionario y el de las perplejidades. Cada capítulo está prologado con explicaciones, digresiones y comentarios de sabroso contenido. Para que ningún lector se sienta estafado, hay un capítulo de soluciones. Matiza con sus dibujos Dany Duel.

Quien alguna vez escuchó a Borges no puede leer sus palabras iniciales sin recordar aquel tono ahogado y musical: “Juegos, qué linda idea”.

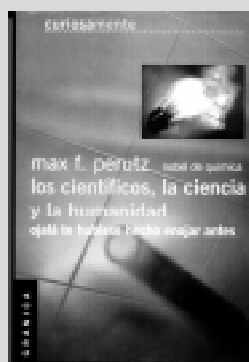
## Los científicos, la ciencia y la humanidad

(Ojalá te hubiese hecho enojar antes)

Max F. Perutz

Barcelona 2002

Granica, 454 páginas.



¿Será aburrida la labor científica? He aquí la mejor desmentida. En esta recopilación de artículos de Max Perutz –el Nobel que describió la estructura tridimensional de la hemoglobina– puede encontrarse el más entretenido anecdotario de los grandes científicos del siglo XX. Un libro lleno de aventuras, huidas, guerra, política, espionaje, traiciones, lealtades y gestas heroicas que está escrito con agudeza, ironía y humor.

Einstein, Pauling, Luria, Jacob, Monod, Watson, Crick y decenas más. Perutz los conoció a todos, convivió con ellos, leyó sus biografías, investigó en profundidad. No da la sensación de dictar veredictos apelables, pero da gusto dejarse llevar por el relato de quien parece estar contándonos una novela.

Los artículos están muy bien encadenados, empiezan con la bomba atómica y terminan, sin solución de continuidad, con la biología molecular. Las cuestiones técnicas se explican con una simplicidad asombrosa, y las implicaciones sociales y humanas tienen un tratamiento categórico, arrollador. Se agregan una fotogalería, un cuaderno de notas y un utilísimo índice temático. En suma *Ojalá te hubiese hecho enojar antes* (ese es el título original) es un texto valioso, querible, que después de haberlo leído, ningún lector dejará de consultar.

## Colección “Ciencia que ladra...” *Señal de que cabalgamos*

# Sancho



Los análisis de ADN para resolver misterios criminales ocupan cada vez más un lugar destacado en la tele y en los diarios. Las epidemias nos azotan con menor frecuencia que los asesinos seriales, pero cuando aparecen nos invade una inquietud de origen misterioso y secular. La ciencia sigue respondiendo preguntas que nos formulábamos desde los orígenes de la humanidad, y tenemos respuestas para entretenernos, pero todavía hoy nos conmueve la cuestión de cómo hace ese embrión que todos fuimos, ese huevo, esa célula, para generar el individuo que somos ahora.

Esos son los temas de estos tres nuevos títulos con que la Universidad Nacional de Quilmes y la editorial Siglo Veintiuno continúan la colección “Ciencia que ladra...”, comenzada hace dos años con cinco libros que ya comentamos en estas páginas (ver **EXACTAMENTE** 25), y que no deja de sorprendernos con gran alegría.

*Una tumba para los Romanov y otras historias con ADN*, fue el título elegido por Raúl A. Alzogaray, para su libro sobre el ADN, al que le supo imprimir el mismo suspenso, emoción y agilidad que la mejor novela policial pueda entregar. *El huevo y la gallina*, *Manual de instrucciones para construir un animal*, le puso Gabriel Gellon al suyo que aborda

la maravilla del desarrollo contada desde las preguntas más básicas (que se formuló la humanidad, la ciencia, y ahora el lector) hasta las cuestiones más detalladas resueltas hasta hoy. *Ahí viene la Plaga*, *Virus emergentes, epidemias y pandemias* titula el de Mario Lozano que nos sorprende con historias de salud (de mala salud, de buena salud) que usted no hubiese creído jamás.

También se reedita *El cocinero científico, cuando la ciencia se mete en la cocina*, el libro de Diego Golombek y Pablo Schwarzbach, de la primera entrega de la colección y que se había agotado. Golombek, que dirige la colección, sigue eligiendo autores e imprimiendo estilos con el mismo criterio desde el comienzo. La prosa agrada por ser aporteñada, amigable, sencilla. El tono es alegre y por momentos humorístico. Y subyace en cada obra un conocimiento sólido y profundo que estos autores poseen. Todos ellos son científicos argentinos de primera línea, y cada uno experto en su tema, y en esta obra demuestran que el rigor científico no está reñido con lo simple y ameno. Casi, más bien, que se nutre de ello.

## Beca de UNESCO para una bióloga egresada de Exactas

**María Laura Guichón**, bióloga egresada de la Facultad de Exactas, fue distinguida con una beca de veinte mil dólares por el programa L'Oreal-UNESCO para mujeres de ciencia. María Laura, que es investigadora en la Universidad de Luján y docente en Exactas, utilizará el dinero para hacer un postdoctorado en Inglaterra. Su idea es estudiar planes de acción contra una especie de ardilla que habita los alrededores de Luján y es una plaga, pues destroza con sus dientes cables telefónicos, eléctricos y de televisión.

Las ardillas estudiadas por esta investigadora son originarias de Tailandia, no tienen ningún predador y, para alimentarse, atacan plantaciones de naranjos, kiwis, nogales y duraznos, lo que causa importantes daños económicos.

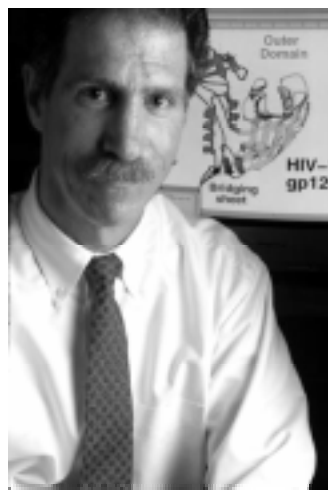
El programa L'Oreal-UNESCO para mujeres de ciencia reconoce, cada año, a las cinco mujeres de ciencia más sobresalientes y ayuda a través de becas a quince jóvenes científicas para que continúen sus proyectos de investigación.

María Laura destaca que, para postularse a la beca hay que presentar todos los antecedentes y un proyecto de investigación que deberá realizarse fuera del país de residencia habitual. En el momento de la presentación, el proyecto debe tener el aval de un director y de la institución donde se va a llevar a cabo la investigación.

Con el afán de que sus colegas argentinas puedan tener acceso a la beca, María Laura comenta que el límite de presentación para el llamado de 2004 es en agosto. Y explica: "Las candidatas, que no pueden superar los 35 años de edad, deben estar dedicándose ya a la investigación doctoral o postdoctoral en alguna esfera de las ciencias de la vida, comprendidas la biología, la bioquímica, la biotecnología y la fisiología". Las consultas pueden hacerse en: [becas@me.gov.ar](mailto:becas@me.gov.ar)



## Sida, detente



De ser una enfermedad mortal, el sida pasó a ser una dolencia crónica. Ahora una investigación del Dana-Faber Cancer Institute de Boston logró identificar en primates una proteína que bloquea la replicación del virus de la inmunodeficiencia adquirida (VIH), causa de este mal. Si bien esta proteína en el ser humano tiene una menor presencia que en monos, son grandes las especulaciones

acerca de las posibilidades futuras de este descubrimiento como estrategia terapéutica preventiva.

"Este hallazgo es importante no sólo porque hay una nueva forma de intervenir en la infección por el VIH, sino que también existe la sensación de que hemos obtenido más información sobre el posible papel de lo que antes veíamos como componentes celulares muy misteriosos", según explicó a Reuters Joseph Sodroski, coordinador de este estudio que ha sido financiado por el Instituto de Alergias y Enfermedades Infecciosas de Estados Unidos, que dirige el acreditado virólogo Anthony Fauci.

TRIM5-alfa, tal es el nombre de la molécula que detecta la presencia del virus. No sólo eso, sino que impide que el VIH se deshaga de una membrana protectora e inocule su material genético en una célula para que a partir de allí comience a replicarse e invadir el organismo.

"Este descubrimiento aumenta nuestros conocimientos y nos podría hacer capaces de manipular el bloqueo en los estadios iniciales de la infección", añade Sodroski. Con un gran camino por delante a recorrer, este trabajo publicado en Nature abre un nuevo sendero de posibilidades a explorar para un futuro uso terapéutico.

## Laboratorio de estreno

Con el doble de la superficie original y con comodidad para el trabajo de alrededor de medio centenar de personas, quedaron oficialmente inauguradas las reformas edilicias en el Laboratorio de Fisiología y Biología Molecular (LFBM), realizadas con el aporte financiero de entidades públicas y privadas.

"Desde su fundación en 1997, el laboratorio había crecido tanto por la incorporación de nuevos grupos de investigación

como por el desarrollo alcanzado, y a mediados de 2001 se realizó el proyecto de ampliación. La crisis de ese año postergó un poco el inicio", historió el doctor Eduardo Arzt, uno de los directores de LFBM junto con los doctores Norberto Iusem, Alberto Kornbliht y Osvaldo Uchitel. "Hacia fines de 2002 se concretaron las donaciones de Biosidus y Elea que junto con los aportes del Conicet y la UBA permitieron hacer la obra", agregó.

Con líneas de investigación en biología molecular, fisiología y neurobiología, el recientemente ampliado laboratorio pertenece al Departamento de Fisiología, Biología Molecular y Celular (FBMC) y al nuevo instituto de Fisiología, Biología Molecular y Neurociencias (IFIBYNE) del Conicet. ¿Dónde está? En la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, en el segundo piso del pabellón 2 de la Ciudad Universitaria. TE: 011- 4576-3367.

## CARTA DE UN INVESTIGADOR AL GOBERNADOR DE SALTA



El avance de la soja no se detiene y aparenta dar un nuevo zarpazo. Esta vez las posibles tierras afectadas serían las de una reserva de 25.000 hectáreas de monte chaqueño y selva de transición en el norte argentino. Anticipándose a lo que podría ser el boomerang de este "boom" sojero, Jorge Adámoli, profesor de Ecología Regional de FCEyN-UBA e investigador del Conicet, escribió una carta al gobernador salteño, Juan Carlos Romero, en la que puede leerse: "No comparto en absoluto las campañas anti-soja, pero siento la obligación de alertar sobre los riesgos que el actual descontrol en la expansión de la frontera agrícola pueden generar en primer lugar para los propios productores, y por supuesto, también sobre los severos riesgos ambientales, como la degradación de los suelos, la desertización y la pérdida de biodiversidad".

Partidario de implementar un ordenamiento territorial para "poner orden" a las distintas actividades en la región, Adámoli solicita al mandatario provincial que "vete enérgicamente la vergonzosa ley que desafecta a la Reserva Natural Provincial los lotes que contienen 25.000 hectáreas de monte chaqueño y selva de transición". En este sentido, concluye: "Piense, doctor Romero, que la agricultura salteña, para ser mejor, más moderna y competitiva, necesita incorporar criterios de modernización en la escala regional, que son comunes en los países más desarrollados, como es precisamente el ordenamiento territorial. Por el contrario, medidas como la desafectación de una reserva, indican un desprecio a la modernización y sólo permitirán una circunstancial victoria a lo Pirro".

## HALLAZGO SALUDABLE EN LAS SIERRAS CORDOBESAS

En medio del paisaje serrano de Córdoba, crece una especie autóctona que esconde un potente antimicrobiano para infecciones rebeldes de combatir en la actualidad. Se llama *Dalea elegans* y, como la soja, pertenece a la familia de las leguminosas. En esta planta –recolectada en la zona de Cabalango– centró su mirada un equipo multidisciplinario de la UBA y la Universidad Nacional de Córdoba, liderado por el doctor José Luis Cabrera.

Más precisamente, los científicos enfocaron su atención en las hojas y raíz de esta planta que encierra un compuesto activo contra bacterias y hongos difíciles de erradicar y que son causantes de enfermedades de la piel, uñas y cuero cabelludo. Así como también pueden originar afecciones más graves, como meningitis, según indicaron los especialistas.



Con promisorios resultados *in vitro* de este compuesto, el trabajo continúa ahora *in vivo* con ratones de laboratorio. Por cierto, deberá sortear diferentes pruebas antes de ser usado en humanos. Si lo logra, las posibles expectativas de empleo serían para tratar pacientes infectados o bien como desinfectante de mesadas, instrumentos de cirugía o catéteres. "Es importante

–subrayan expertos– el hecho de que sea activo *in vitro* contra *Candida parapsilosis*, hongo que infecta pacientes portadores de catéteres y que es muy importante en niños".



## FELIZ CUMPLEAÑOS PARA SADOSKY

El destacado y querido matemático Manuel Sadosky sopló las velitas de sus 90 años en la sala de Consejo Directivo de la Facultad de Exactas. El homenaje se llevó a cabo el 23 de abril y estuvieron presentes autoridades de la UBA, de diversas facultades y personalidades de la ciencia y la cultura.



# Calendario a tus calendas

por Pablo Coll\* [pecoll@dc.uba.ar](mailto:pecoll@dc.uba.ar)  
y Gustavo Piñeiro\*\* [pineiro@datamarkets.com.ar](mailto:pineiro@datamarkets.com.ar)



A continuación, algunas preguntas y curiosidades en torno al calendario.

1. El siglo XX tuvo su año capicúa: 1991. El siglo XIX tuvo el 1881 y el XXI ya ha dado su 2002. ¿Cuál será, en el futuro, el primer siglo que no tendrá ningún año capicúa? (Se atribuye a Diego Kovács el haber sido el primero en formular esta pregunta).

2. Hablando de años capicúas, los autores de esta sección, así como muchos de los lectores, han tenido el raro privilegio de vivir dos años capicúas (los ya mencionados 1991 y 2002). ¿Cuándo volveremos a tener dos años capicúas separados por menos de 20 años de diferencia?

3. Los números 1991 y 2002 son capicúas, pero no primos. De los próximos años, ¿cuál será el primero en tener ambas características: la de ser capicúa y

primo a la vez? Recordemos que los números primos sólo son divisibles por 1 y por sí mismos, como por ejemplo el 2, el 5 o el 101. (Se atribuye a Hilario Fernández Long el haber formulado esta pregunta).

4. Hace poco tuvimos el privilegio de vivir una fecha histórica: el 4 de abril de este año fue el 04/04/04. Esta década es pródiga en fechas curiosas de este tipo, otro ejemplo fue el 1ro. de febrero del año pasado, el 01/02/03.

5. Si el 13 de septiembre de cierto año fue martes, ¿cuál es la máxima cantidad de años que puede ser necesario esperar antes de que el 13 de septiembre vuelva a ser martes? ¿Cuál es la mínima cantidad?

6. El 20 de febrero de 2002 (o sea, el 20/02/2002) fue declarado Día Universal de la Simetría. Ese día, en Buenos Aires, un grupo de amantes de las curiosidades numéricas se reunió para conmemorar el acontecimiento y exactamente a las 20:02 de esa noche brindaron para celebrar la llegada del minuto más simétrico del siglo. Pueden hallarse más datos al respecto en <http://www.dielasimetria.com>. Los lectores que no pudieron asistir a la reunión quedan invitados al brindis que se realizará a las 21:12 del 21 de diciembre de 2112, en sitio a confirmar.

7. ¿Cuándo fue la última vez que tuvimos la ocasión de ver cuatro meses consecutivos, todos ellos con cantidades de días que son números primos? (Se atribuye a Jaime Poniachik la formulación de esta pregunta).

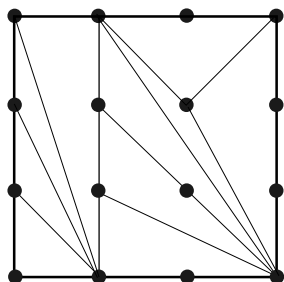
8. Si escribimos los dígitos con la nomenclatura de ocho palitos (como en las calculadoras o los relojes digitales) los números 1961 y 2002 se leen igual tanto al derecho como patas para arriba. ¿Cuál será el próximo año con esa característica? ¿Puede un siglo contener dos años así?

9. Una adivinanza: X es un año y en él hay dos meses consecutivos que comienzan con el mismo día de la semana, pero el año que se obtiene sumándole a X un siglo ya no tiene esa peculiaridad. Además, ambos autores de esta nota han visto llegar e irse el año que se obtiene sumándole a X un siglo. ¿Quién es X?

10. Hacia 1998 y 1999 se discutió con insistencia, y a veces con vehemencia, si el siglo XXI comenzaba el 1º de enero de 2000 o el 1º de enero de 2001. Ahora, con la perspectiva de los años podemos preguntarnos ¿había alguna diferencia significativa entre una y otra opción?

\*Doctor en Computación y docente del Departamento de Computación - FCEyN.  
\*\*Licenciado en Matemática - FCEyN.

## Soluciones del número anterior

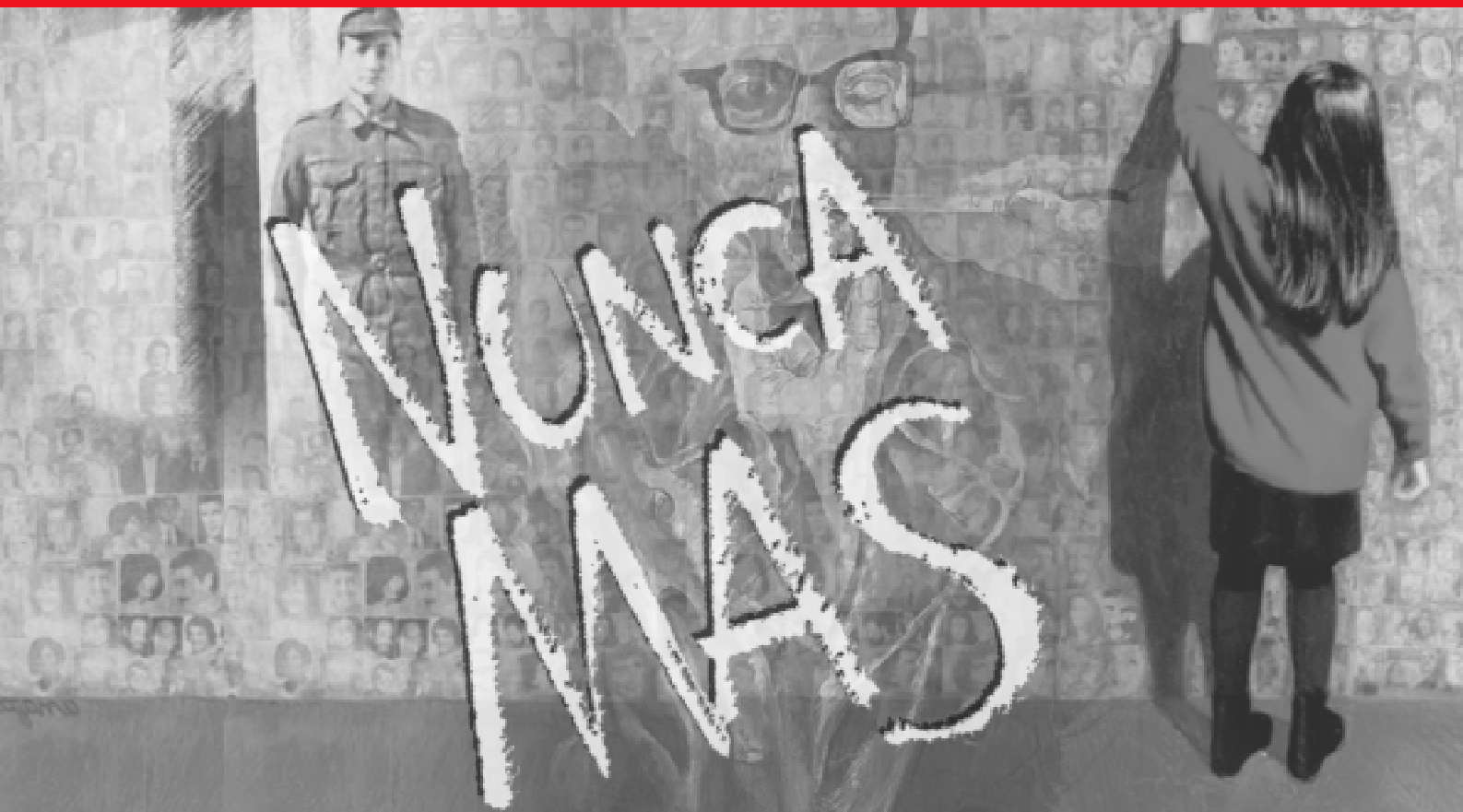


Para 10 cuadrados.

No existe una solución con 11 triángulos distintos. La demostración completa no cabe en este recuadro, pero la idea es que no hay suficientes triángulos de áreas pequeñas (0,5; 1 y 1,5) para colocar 11.

Esta es nuestra solución de nueve triángulos en una grilla de 8x8

Creemos que aún se puede mejorar incorporando otro punto interior que agregue otros tres triángulos.



## COLECCION DERECHOS HUMANOS

A 20 años del retorno de la democracia, Eudeba renueva su compromiso con el ejercicio de la memoria y la defensa de los **Derechos Humanos**.



*Eudeba*

EDITORIAL UNIVERSITARIA DE BUENOS AIRES

*Construcción de la memoria*, de J. Iglesias, S. Winer, H. González Tizón y A. González. 1° edición. 236 págs.

*Nunca más. Informe de la Comisión Nacional sobre la Desaparición de Personas*. 20° edición. 490 págs.

*La memoria del soldado. Campo de Mayo: 1976-1977*, de Guillermo Obiols. 1° edición. 168 págs.

*Un Golpe a los libros. Represión a la cultura durante la última dictadura militar*, de H. Invernizzi y J. Gociol. 2° edición. 396 págs.

Librería Central: Av. Rivadavia 1571/3 (C1033AAF) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

Tel.: 54 11 4383-8025 int. 240

ventas@eudeba.com.ar. www.eudeba.com.ar. Stand sede de la Editorial Universitaria. Pabellón III Subsuelo